CONTEÚDO PROGRAMÁTICO ALINHADO

Prominp

INSTRUMENTISTA DE SISTEMAS

INFORMÁTICA INDUSTRIAL

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Agora é assim. Tudo que pode ser feito no Brasil, tem que ser feito no Brasil.
Prominp

PETROBRAS

anp
COMPROMISSO COM INVESTIMENTO EM PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

Ministério de Minas e Energia

BRASIL UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL

ABCE • ABDIB • ABEMI • ABIMAQ • ABINEE • ABITAM • BNDES • CNI • IBP • ONIP • SINAVAL

INSTRUMENTISTA DE SISTEMAS

INFORMÁTICA INDUSTRIAL

© PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.
Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610, de 19.2.1998.

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, bem como a produção de apostilas, sem autorização prévia, por escrito, da Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS.

Direitos exclusivos da PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

SCHNEIDER, Guilherme Alceu
STEBEL, Sergio Leandro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2006.

46 p.:il.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

Av. Almirante Barroso, 81 – 17º andar – Centro
CEP: 20030-003 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

ÍNDICE

1	Princípio de comunicação de dados	5
1.1	Tipos de sinais	5
1.2	Meio físico de transmissão	6
1.2.1	Par trançado	6
1.2.2	Cabo coaxial	6
1.2.3	Cabo de fibra óptica	7
1.3	Transmissão de dados	8
1.3.1	Comunicação simplex	8
1.3.2	Comunicação Half duplex	8
1.3.3	Comunicação Full duplex	8
1.4	Tipos de redes de computadores	9
1.5	Topologia física e lógica	9
1.5.1	Estrela	10
1.5.2	Anel	10
1.5.3	Barramento	12
1.5.4	Configurações híbridas	12
1.6	Equipamentos de interligação de redes	13
1.7	Métodos de acesso ao meio	13
1.8	Modelo de referência OSI	15
1.9	Protocolos	17
2	Redes industriais	19
2.1	HART	21
2.2	PROFIBUS (Process Field Bus)	24
2.3	Foundation Fieldbus	29
2.4	Tecnologia Ethernet	33
2.5	TCP/IP	34
2.5.1	IP	35
2.5.2	TCP	36
3	Sistemas supervisórios	38
3.1	Definições	38
3.2	Elementos de um sistema de supervisão	39
3.3	Exemplos de sinóticos	41
3.4	Tipos de telas	43

CAPÍTULO I

1 Princípio de comunicação de dados

O objetivo da comunicação é transferir a informação de um ponto para outro ou de um sistema para outro, ou seja, o compartilhamento e interconexão de recursos de hardware e software, geograficamente dispersos a nível local. Em controle de processo, esta informação é chamada de dado do processo ou simplesmente, dado. Um entendimento da comunicação de dados é essencial para a aplicação apropriada dos instrumentos digitais.

1.1 Tipos de sinais

O dados são transmitidos através de dois tipos de sinais:

- Banda base;
- Banda larga.

BANDA BASE

Em um sistema de banda base, a transmissão de dados consiste de uma faixa de sinais enviada no meio de transmissão sem ser transladada em freqüência. Uma chamada telefônica é um exemplo de transmissão de banda base. Um sinal de voz humana na faixa de 300 a 3000Hz é transmitida através da linha telefônica na faixa de 300 a 3000Hz. Em um sistema de banda base há somente um conjunto de sinais no meio em um determinado momento.

BANDA LARGA

Uma transmissão em banda larga consiste de múltiplos conjuntos de sinais. Cada conjunto de sinais é convertido para uma faixa de freqüência que não interfere com outros sinais no meio. A televisão por cabo é um exemplo de transmissão por banda larga. Três componentes básicos são requeridos em qualquer sistema de comunicação de dados:

- Transmissor que gera a informação;
- Receptor que detecta os dados;
- Meio para transportar os dados.

O meio pode ser dividido em mais de um canal. Um canal é definido como o caminho através do meio que pode transportar a informação em somente uma direção em um determinado momento.

1.2 Meio físico de transmissão

O meio físico de transmissão cai em três categorias genéricas:

- Par trançado;
- Cabo coaxial;
- Cabo de fibra óptica.

1.2.1 Par trançado

O par trançado consiste de dois fios condutores elétricos, cada um coberto por isolante. Os dois fios são trançados juntos para garantir que eles estão igualmente expostos aos mesmos sinais de interferência no ambiente. Como os fios transportam corrente em sentidos opostos (par trançado), a interferência elétrica tende a se cancelar no cabo. O par trançado é o cabo mais comum usado em sistemas de automação. Ele é o meio mais barato e fornece adequada imunidade à interferência eletromagnética.

Os dois tipos de cabo de pares trançados são:

- Não revestido (comum ou UTP), conforme a Figura 1.1;
- Revestido (comum ou STP), conforme a Figura 1.2.

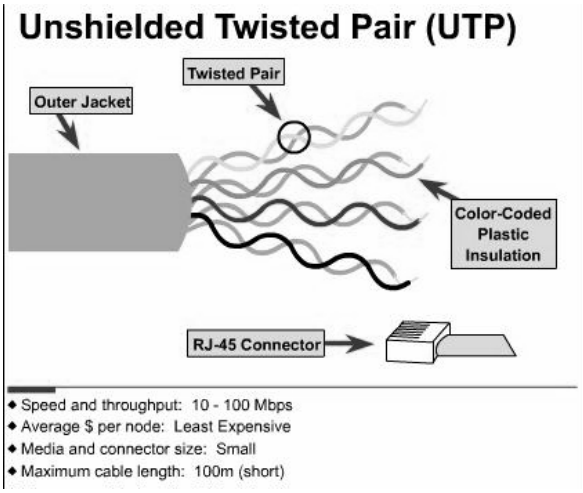
Unshielded Twisted Pair (UTP)
Twisted Pair
Outer Jacket
Color-Coded Plastic Insulation
RJ-45 Connector
Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
Average $ per node: Least Expensive
Media and connector size: Small
Maximum cable length: 100m (short)

Figura 1.1. Par trançado UTP

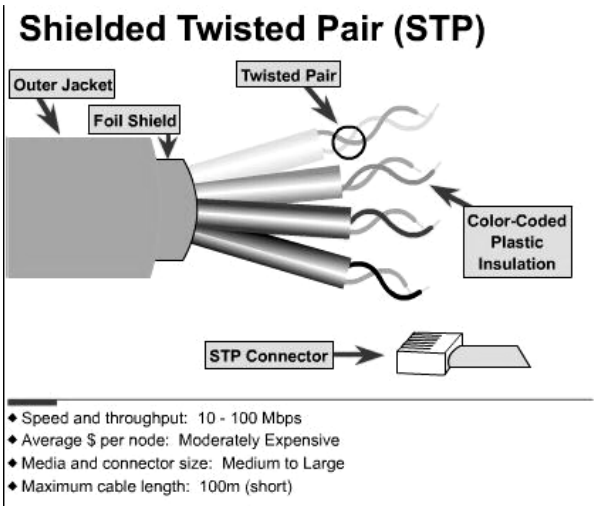
Shielded Twisted Pair (STP)
Outer Jacket
Foil Shield
Twisted Pair
Color-Coded Plastic Insulation
STP Connector
Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
Average $ per node: Moderately Expensive
Media and connector size: Medium to Large
Maximum cable length: 100m (short)

Figura 1.2. Par trançado STP

1.2.2 Cabo coaxial

O cabo coaxial consiste de um fio condutor elétrico envolvido por material isolante elétrico e por uma blindagem metálica condutora rígida, em forma de tubo, conforme a Figura 1.3. Em muitos casos, o cabo inteiro é coberto por um isolante. O condutor central e o tubo circular externo são coaxiais, ou seja, ambos compartilham o mesmo eixo central. O cabo coaxial é usado nos sistemas

de comunicação. Os cabos coaxiais são usados em aplicações de automação de processo onde há grandes distâncias envolvidas para melhorar a imunidade aos ruídos eletromagnéticos.

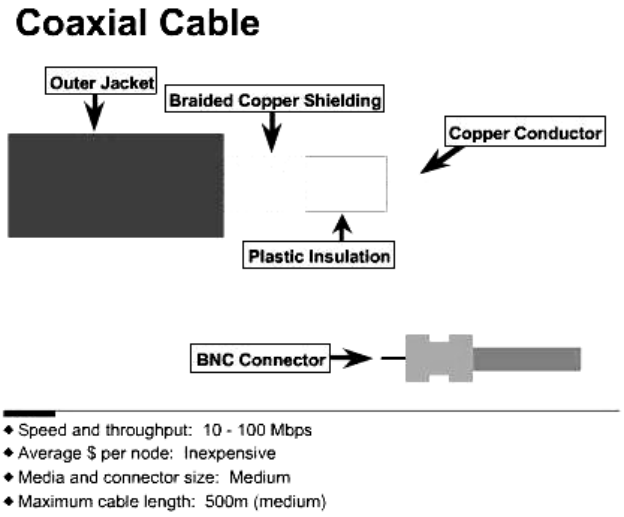

Figura 1.3. Cabo coaxial

1.2.3 Cabo de fibra óptica

O cabo de fibra óptica consiste de pequenas fibras de vidro ou plástico, conforme a Figura 1.4. Em uma extremidade, pulsos elétricos são convertidos em luz por um foto-diodo e enviados através do cabo óptico de fibra. Na outra extremidade do cabo, um detector de luz converte os pulsos de luz de volta para pulsos elétricos. Os sinais de luz podem viajar somente em uma direção, de modo que uma transmissão de dois sentidos requer dois cabos de fibra separados. Um cabo de fibra óptica tem normalmente o mesmo diâmetro que o cabo de par trançado e é imune ao ruído elétrico e não oferece nenhum perigo adicional quando usado em áreas classificadas.

O custo do cabo de fibra óptica é da mesma ordem de grandeza que o do cabo coaxial, porém, os conectores são muito caros. Uma desvantagem dos cabos de fibra óptica é ainda a falta de normas industriais.

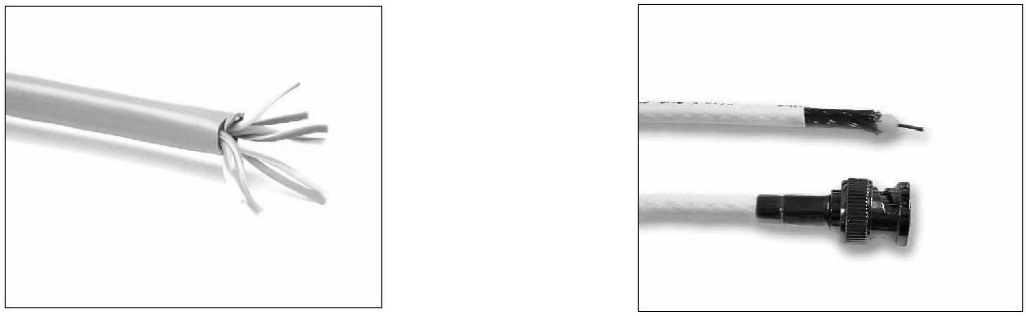

Figura 1.4. Cabo de fibra óptica

1.3 Transmissão de dados

A comunicação pode ser descrita pelo número de canais usados para efetuar o fluxo de informação. Os três métodos mais comuns de transmissão de dados são:

- Simplex;
- Half duplex;
- Full duplex.

1.3.1 Comunicação simplex

Na comunicação simplex, um único canal é usado e há somente um sentido de comunicação, do transmissor para o receptor. O receptor apenas recebe e não pode transmitir e o transmissor apenas transmite e não pode receber. Na transmissão simplex não é possível enviar sinais de erro ou de controle do receptor, porque o transmissor e o receptor são dedicados a somente uma função. Um exemplo típico de comunicação simplex é a transmissão de rádio. Outro exemplo industrial, é um sistema de aquisição de dados, onde os dados do processo são enviados para um computador, em um único sentido, conforme a Figura 1.5.

1.3.2 Comunicação Half duplex

A comunicação em dois sentidos permite o receptor verificar que os dados foram recebidos. Um tipo de comunicação de dois sentidos é chamado de half duplex. Na comunicação half duplex, um único canal é usado e a comunicação é feita nos dois sentidos, porém, somente em um sentido em um determinado tempo. Nesta configuração, o receptor e o transmissor alternam as funções, de modo que a comunicação ocorre em um sentido, em um tempo e em um único canal. Exemplo de comunicação half duplex é o rádio walkie-talkie: apertando um botão, se fala e não se escuta; sem apertar o botão, escuta-se e não se fala conforme a Figura 1.5.

1.3.3 Comunicação Full duplex

A comunicação em dois sentidos onde os dados podem fluir em ambas as direções ao mesmo tempo é chamada de comunicação full duplex. Neste caso, há dois canais, de modo que a informação pode fluir em ambos os sentidos simultaneamente. Exemplo de comunicação full duplex é o telefone: onde se pode falar e escutar simultaneamente, conforme a Figura 1.5.

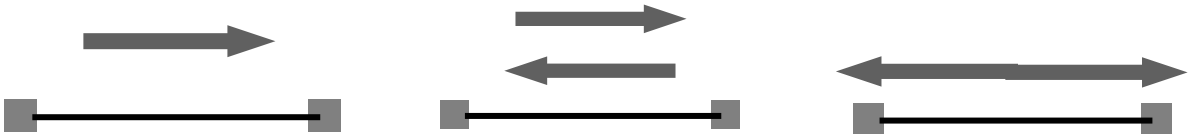

Figura 1.5. Transmissão de dados

1.4 Tipos de redes de computadores

As redes podem ser classificadas de várias formas. A mais comum é quanto sua área de abrangência. Dessa forma, podem ser:

LAN (Local Área Networks) - redes locais de computadores: como o próprio nome sugere, são redes que estão restritas a uma única localidade (distâncias geográficas pequenas), como por exemplo, um escritório, fábrica ou prédio. Em geral, as LANs caracterizam-se pela alta taxa de transmissão (acima de 1 Mbps), baixo índice de erros, tempo de atraso pequenos, uso de suportes de transmissão baratos e todos computadores ligados diretamente à rede. As topologias mais utilizadas são: estrela, anel e barramento.

MAN (Metropolitan Area Networks) - redes metropolitanas: são redes que abrangem a área de uma cidade. Utiliza-se de enlaces urbanos para a interconexão das redes que a compõem. As Redes Metropolitanas são intermediárias às LANs e WANs, apresentando características semelhantes às redes locais e, em geral, cobrem distâncias maiores que as LANs. Um bom exemplo de MAN são as redes de TV a cabo. Empregam, normalmente, meios de transmissão como cabos ópticos e coaxiais, operando com taxas típicas de 10Mbps.

WAN (Wide Area Networks) - surgiram da necessidade de se compartilhar recursos por uma comunidade de usuários geograficamente dispersos. São, portanto, redes distribuídas em áreas amplas (distâncias geográficas grandes), como um estado, um país, ou mesmo conectando países. A comunicação para o constituição das WANs pode se dar via satélite, linhas telefônicas, sistemas de microondas, ou seja, o acesso se dá através de nós de rede. Normalmente, caracterizam-se por terem tempos de atraso grandes, baixas velocidades de transmissão (dezenas de kilobits, podendo chegar a Megabits/segundo) sendo redes de propriedade pública.

1.5 Topologia física e lógica

A topologia física representa a estrutura física do meio de transmissão, ou seja, como os equipamentos estão fisicamente conectados. Já a estrutura lógica descreve a maneira como a rede transmite a informação de um equipamento aos demais. Os equipamentos de interligação de redes

podem fazem com que a topologia física seja diferente da lógica, por exemplo, quando se utiliza um Hub, a topologia física é em estrela, porém a lógica é em barramento.

1.5.1 Estrela

É uma das estruturas mais tradicionais. Consiste num nó de comunicação central que toma todas as decisões de roteamento, e por estações ou nós de comunicação secundários ligados fisicamente ponto a ponto ao nó central, conforme a Figura 1.6. Este tipo de topologia pode ser utilizado em outras estrelas para formar topologias de rede hierárquica ou em forma de árvore.

Vantagens:

- Facilita o acréscimo de novas estações de trabalho;
- Fornece análises detalhadas da rede (fácil realização de diagnósticos), pois todas as mensagens passam pelo nó central.
-

Desvantagens:

- Uma falha no nó de comunicação central resulta em falha geral da rede;
- A complexidade do nó central aumenta com o número de nós que estão interconectados, ou seja, o processador central tem que ser relativamente grande.

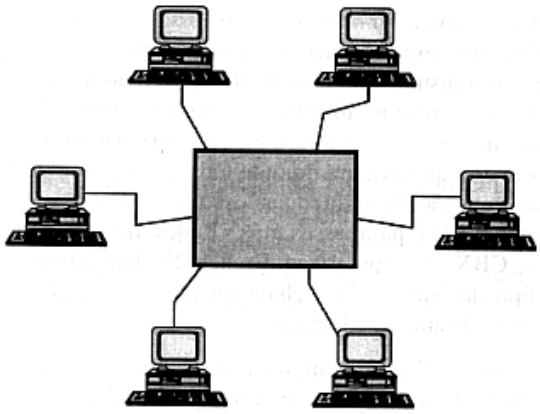

Figura 1.6. Topologia em estrela

1.5.2 Anel

Nesta topologia não há a necessidade de decisões de roteamento. As mensagens geradas são transmitidas de nó a nó (ponto a ponto) até atingir o nó de comunicação destinatário. A única

decisão necessária em cada nó de comunicação é a capacidade de reconhecer o seu próprio endereço nas mensagens que circulam pelo anel e copiar as que lhe são destinadas, conforme a Figura 1.7. Entre as características dessa topologia, estão:

- Nós de comunicação ativos (repetidores);
- Canal de transmissão fechado.

Vantagens:

- Em relação à topologia em estrela, permite uma redução considerável quanto ao custo e complexidade de instalação do meio físico de transmissão, pois, na topologia em anel, esses suportes são constituídos de vários segmentos ponto a ponto entre pares de nós de comunicação adjacentes;
- Se a estação de monitoração falha, a rede permanece em operação já que é possível designar outra estação de trabalho para executar essa tarefa;
- Outras redes em anel podem ser interligadas através de pontes que trocam os dados entre um anel e outro.

Desvantagens:

- É relativamente mais difícil acrescentar novas estações de trabalho;
- O fato de cada nó de comunicação participar do processo de transmissão coloca a confiabilidade da rede dependente da confiabilidade individual dos elementos repetidores distribuídos pelos nós de comunicação.

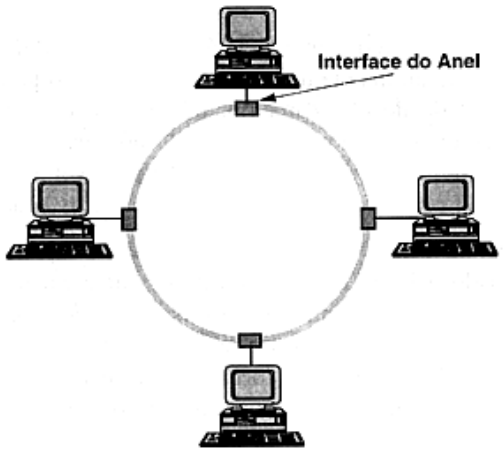

Figura 1.7. Topologia em anel

1.5.3 Barramento

Nesta topologia, o meio físico de comunicação é composto por um único segmento de transmissão multiponto, chamado backbone, compartilhado pelas diversas estações interconectadas ao backbone usando conectores em forma de T. O backbone é terminado nas extremidades (terminador – circuito RC). Na topologia em barramento também não há a necessidade de decisões de roteamento e armazenamentos intermediários, conforme a Figura 1.8.

Vantagens:

- É fácil acrescentar novas estações de trabalho ou novos nós de comunicação;
- É a topologia que necessita da menor quantidade de cabos (suportes de transmissão);
- A falha de uma estação de trabalho ou nó de comunicação não paralisa a rede.

Desvantagens:

- Geralmente deve existir uma distância mínima entre os ramais das estações de trabalho para evitar a interferência de sinais;
- Existem dificuldades para a realização de diagnósticos da rede;
- A segurança da rede pode ser comprometida por um usuário não autorizado pois todas as mensagens são enviadas ao longo de uma pista comum de dados.

Figura 1.8. Topologia em barramento

1.5.4 Configurações híbridas

Resultam da associação de características das topologias básicas (anel, barramento, estrela), com o propósito de superar certas limitações destas últimas, tais como:

- Incompatibilidade tecnológica com o meio de transmissão;
- Dificuldades de operação e manutenção;
- Limitações no número de estações e no alcance das redes;
- Confiabilidade.

Algumas dessas redes podem ser: anel-estrela, barramento-estrela, multianel, árvore de barramentos entre outras.

1.6 Equipamentos de interligação de redes

Repetidor: Dispositivo não inteligente que simplesmente copia dados de uma rede para outra, fazendo com que as duas redes se comportem logicamente como uma rede única. São usados para satisfazer restrições quanto ao comprimento do cabo, por exemplo.

- Hubs: Servem para conectar os equipamentos que compõem uma LAN. Os equipamentos interligados a um hub pertencem a um mesmo segmento de rede. Se tivermos 10 usuários em um segmento de 100Mbps, cada usuário usufruirá em média de 10Mbps. Cada hub possui de 4 a 24 portas 10Base-T com conectores RJ-45.
- Ponte (Bridge): Segmenta uma rede local em sub-redes com o objetivo de reduzir tráfego ou converter diferentes padrões de camadas de enlace (Ethernet para Token Ring por exemplo).
- Switch: São os dispositivos de mais amplo espectro de utilização, para segmentar a rede a baixo custo, sem necessidade de roteamento. Sua maior limitação está em não permitir broadcasting entre segmentos.
- Roteador: Usado para interligar duas redes que possuem a mesma camada de transporte, mas camadas de rede diferentes. Os roteadores decidem sobre qual caminho o tráfego de informações (controle e dados) deve seguir.
- Gateway: Usado para dar acesso à rede a um dispositivo não OSI. É na realidade um conversor de protocolos.

1.7 Métodos de acesso ao meio

Acesso ao meio é o processo de controle da rede que define as regras que determinam quando os equipamentos da rede podem transmitir. Os três métodos de acesso ao meio mais utilizados de são:

- Passagem da Ficha (Token Passing): um conjunto de dados, denominado token, é transmitido de modo ordenado de um equipamento para outro, conforme a Figura 1.9. A passagem do token distribui o controle de acesso entre os dispositivos da rede. Cada um deles sabe de qual dispositivo está recebendo o token e para onde deve passá-lo. Cada equiapamento recebe periodicamente o controle do token, realiza

suas tarefas e retransmite o token para que outro equipamento o utilize. Os protocolos limitam o tempo que cada dispositivo tem para controlar o token.

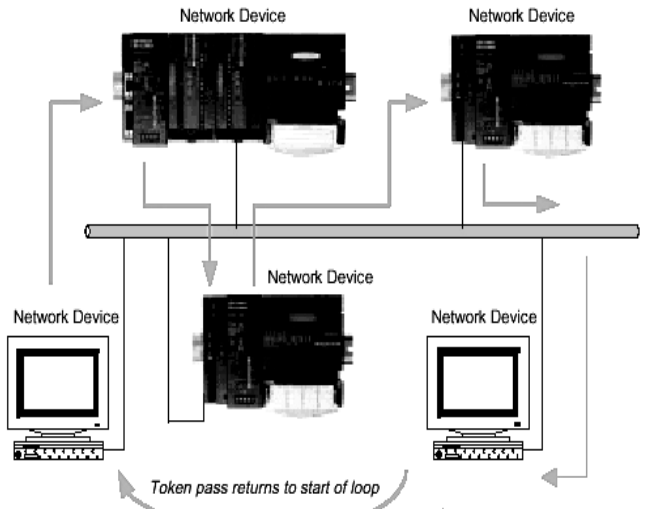

Figura 1.9. Passagem da ficha

- Polling: este método designa um dispositivo, chamado de mestre, como um controlador de acesso ao meio de transmissão, conforme a figura 1.10. Este dispositivo consulta cada um dos dispositivos, chamados de escravos, numa determinada seqüência preestabelecida.

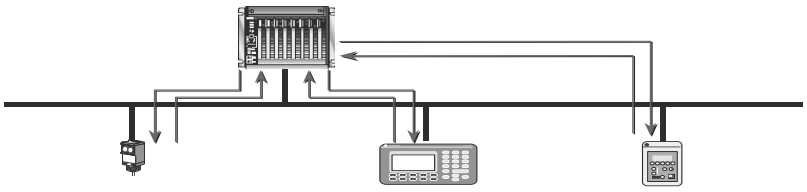

Figura 1.10. Polling

- Detecção de Colisão: neste método o acesso ao meio deve ser permitido para o primeiro que chegar. O sistema de disputa é projetado para que todos os dispositivos da rede possam transmitir sinais sempre que desejarem, conforme a Figura 1.11. Como conseqüência ocorrem colisões entre mensagens, o número de colisões aumenta geometricamente com o aumento dos equipamentos na rede.

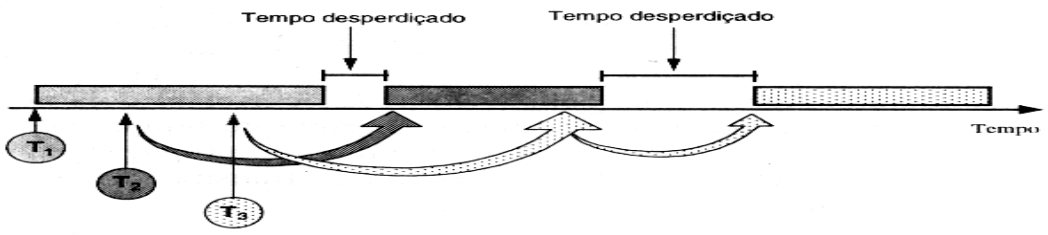

Figura 1.11. Detecção de colisão

1.8 Modelo de referência OSI

Com o objetivo de uniformizar os padrões e modelos adotados pelos protocolos de rede, foi desenvolvido o Modelo de referência OSI (Open Systems Interconnection). Este modelo é baseado na proposta da International Standards Organization (ISO), como um primeiro passo na direção da padronização internacional dos vários protocolos. O modelo trata dos sistemas abertos de conexão, ou seja, sistemas que são abertos para comunicação com outros sistemas. Por comodidade, é chamado de modelo OSI. O sistema OSI tem sete camadas:

- Uma camada deve ser criada onde um diferente nível de abstração é necessário;
- Cada camada deve fazer uma função bem definida;
- A função de cada camada deve ser escolhida tendo em vista os protocolos padrão definidos internacionalmente;
- Os limites das camadas devem ser escolhidos para minimizar o fluxo de informação através das interfaces;
- O número de camadas deve ser grande suficiente para distinguir que as funções necessárias não sejam lançadas juntas na mesma camada fora da necessidade e pequeno suficiente para a arquitetura não se tornar grande demais.

O modelo OSI em si não é uma arquitetura de rede porque ela não especifica os serviços e protocolos exatos a serem usados em cada camada. Ela simplesmente diz o que cada camada faz. Porém, a ISO tem também produzido normas para todas as camadas, embora elas não façam parte deste modelo. Cada uma delas foi publicada como uma norma internacional separada.

1. Camada de Aplicação:

Proporciona serviços para os processos dos usuários finais. É a camada mais alta do modelo OSI, não oferecendo serviços a nenhuma outra camada. Entre os protocolos de aplicação mais importantes para a área de automação temos o FTAM e o MMS.

2. Camada de Apresentação

Formata os dados de tal forma a compatibilizá-los com a camada de aplicação. São exemplos de funções implementadas por esta camada: conversão de códigos (ASCII para EBCDIC, por exemplo), criptografia para segurança de dados, compressão de dados, etc. Um dos serviços fornecidos é o de terminal virtual que fornece um mapeamento dos recursos de um terminal real para outro virtual.

3. Camada de Sessão

Provê o gerenciamento de diálogos sincronizando conversações, quando um nó fim mantém mais de uma conexão lógica com outro nodo fim. Foi padronizada pela norma ISO 8372. Um exemplo seria quando o estudante A estabelece uma conexão telefônica com o estudante B e várias pessoas em cada casa desejam participar da conversação através de extensões telefônicas. Os estudantes desejam conferir seus trabalhos de casa, as mães querem trocar receitas e os pais falar de negócios. Cada conversação constitui uma sessão.

4. Camada de Transporte

É a responsável pela transferência de dados livre de erros entre as entidades fim a fim. Entre as funções implementadas neste nível temos:

- Segmentação da mensagem em unidades menores, controle do seqüenciamento dos pacotes e reagrupamento das mensagens;
- Controle de fluxo de informação;
- Detecção e correção de erros;
- Multiplexação e Demultiplexação de conexões;
- Mapeamento dos endereços de nível de transporte para o nível de rede.

5. Camada de Rede

É responsável pelo roteamento e transferência dos dados aqui denominados de pacotes de um nó da rede para outro, via o sub sistema de transmissão. As principais funções são:

- Controle de fluxo;
- Seqüenciamento de pacotes;
- Detecção e correção de erros de pacotes.

O serviço típico oferecido é o de circuito virtual que corresponde a um canal de comunicação dedicado entre as duas estações comunicantes.

6. Camada de Enlace

Fornece um canal de comunicação entre duas entidades comunicantes. Os dados são organizados em unidades denominadas “quadros”. Outra função importante desta camada é o controle de acesso ao meio de transmissão compartilhado.

7. Camada Física

Responsável pela transferência de bits pelo meio físico de transmissão. Se preocupa com as características mecânicas e elétricas da transmissão. Os meios físicos mais utilizados em automação industrial são o cabo coaxial, o par trançado e a fibra óptica.

1.9 Protocolos

Na comunicação de dados digitais, as coisas acontecem de modo mais complicado que na comunicação analógica, pois se quer usar a capacidade digital de comunicação de:

- Transmitir vários sinais simultaneamente;
- De modo bidirecional;
- Em um único meio (fio trançado, cabo coaxial, cabo de fibra óptica);
- De modo compartilhado por todos os sinais de informação. Em vez de sinal, fala-se de protocolo.

Protocolo é um conjunto de regras semânticas e sintáticas que determina o comportamento de instrumentos funcionais que devem ser interligados para se ter uma comunicação entre eles. Na arquitetura OSI, protocolo é o conjunto de regras que determina o comportamento de entidades na mesma camada para se comunicarem.

Muitos protocolos são proprietários, ou seja, o protocolo foi desenvolvido por determinado fabricante isolado ou em conjunto com outros fabricantes. Somente o fabricante pode legalmente fabricar e usar o equipamento com este protocolo. A não ser que sejam desenvolvidas interfaces especiais, instrumentos com diferentes protocolos não podem ser interligados para uso em uma mesma rede. A razão mais óbvia para a variedade de protocolos é que eles têm sido projetados para diferentes aplicações em mente e otimizados para características específicas tais como segurança, baixo custo, alto número de dispositivos conectados. Portanto, cada protocolo pode ter vantagens para atender prioridades de uma determinada aplicação. A não ser que um único protocolo se torne padrão (e isso não vai acontecer), é necessário que os fabricantes forneçam interfaces para os diversos protocolos em uso. Atualmente, é comum o protocolo se tornar aberto, deixando de ser proprietário.

Os pontos chave da comunicação entre dois equipamentos digitais são:

1. Intercambiabilidade;
2. Interoperabilidade.

Intercambiabilidade significa que um transmissor de um fabricante pode ser substituído por um transmissor de outro fabricante sem qualquer reconfiguração do sistema. Isto é desejável para o usuário que quer manter no mínimo o custo dos componentes padrão e quer evitar de fazer retreinamento do seu pessoal de manutenção. Porém, os usuários com necessidades além das características da norma, podem ter dificuldade de satisfazer estas exigências com os componentes padrão disponíveis comercialmente.

Interoperabilidade significa que um transmissor de um fabricante pode ser usado para substituir um transmissor de outro fabricante, mas com alguma reconfiguração do sistema.

Para haver interoperabilidade, o sistema deve ser informado automaticamente do tipo de equipamento que está em uso de modo a se comunicar com o outro com sucesso, havendo necessidade de alguma reconfiguração.

Deste modo, a intercambiabilidade vira um subconjunto da interoperabilidade. A interoperabilidade permite um fabricante competir no mercado na base de características exclusivas para seu produto e do conteúdo do valor agregado ao seu equipamento, em vez de simplesmente do custo inicial do equipamento. Porém, os usuários sabem que isto complica a situação e que se uma característica especial está presente, ela pode ser usada em qualquer estágio e pode deixar os usuários sujeitos ao monopólio do fornecedor.

CAPÍTULO II

2 Redes industriais

A estrutura da automação industrial baseia-se na pirâmide organizacional, conforme a Figura 2.1, em que são criadas ilhas restritas de informações. Essas ilhas de informações caracterizam-se por sistemas onde o hardware e o software utilizados são proprietários, isto é, na maioria das vezes são fornecidos por apenas um fabricante, fazendo com que o cliente fique vinculado a esse fornecedor.

Esse tipo de solução causa enormes prejuízos às empresas, uma vez que a conectividade e a integração com outros equipamentos, que não os do próprio fornecedor, tornam-se muito complicadas e, muitas vezes, impossíveis de serem realizadas, seja pelo alto custo da solução ou por uma simples incompatibilidade técnica.

A criação dos chamados "gargalos de informações" também é uma das complicações geradas por essa estrutura. Muitas vezes a informação necessária para uma total integração já existe na fábrica e o problema ocorre quando os diversos sistemas devem ser integrados.

Uma tendência nos sistemas atuais é a integração destas ilhas de informação tanto a nível horizontal quanto vertical. Nesse sentido a utilização de Ethernet e um protocolo padrão como o TCP/IP facilita em muito a integração desses dados.

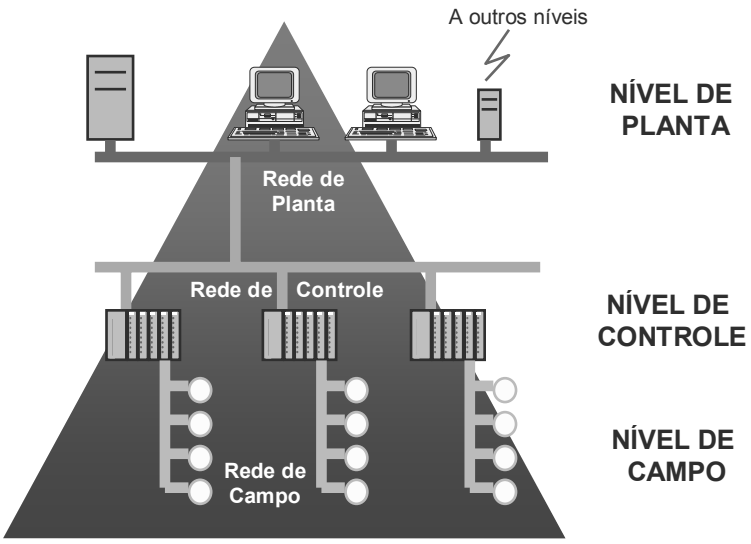

Figura 2.1 Estrutura da automação industrial

Em função dos dispositivos conectados é possível dividir as redes industriais em três tipos, conforme a Figura 2.2:

- Redes de Sensores ou Sensorbus - são redes apropriadas para interligar sensores e atuadores discretos tais como chaves limites (limit switches), contactores. São exemplos de rede Sensorbus: ASI, Seriplex, CAN e LonWorks.

- Redes de Dispositivos ou Devicebus - são redes capazes de interligar dispositivos mais genéricos como CLPs, outras remotas de aquisição de dados e controle, conversores AC/DC, relés de medição inteligentes, drivers dos mais variados. Exemplos: Profibus-DP, DeviceNet, Interbus-S, SDS, LonWorks, CAN, ControlNet, ModbusPlus.

- Redes de Instrumentação ou Fieldbus - São redes concebidas para integrar instrumentos analógicos no ambiente industrial, como transmissores de vazão, pressão, temperatura, válvulas de controle, entre outros instrumentos. Exemplos: Foundation Fieldbus-H1, HART e Profibus-PA.

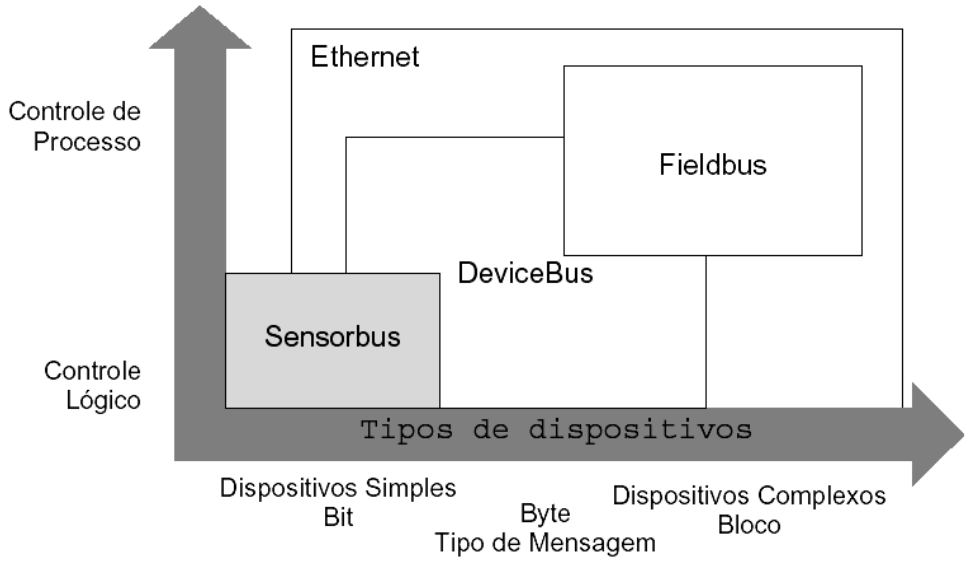

Figura 2.2 Tipos de redes de campo

Em relação à faixa de aplicação, a ethernet possui a maior faixa das redes existentes, conforme pode ser observado na Figura 2.3. Em função disso, ela tende a ser cada vez mais utilizada em redes de campo.

Embora a Ethernet não tenha sido desenvolvida para ser uma rede industrial, pela sua característica de ser não determinística no tempo, ela já possui padrões desenvolvidos para um ambiente industrial, conforme será visto mais adiante.

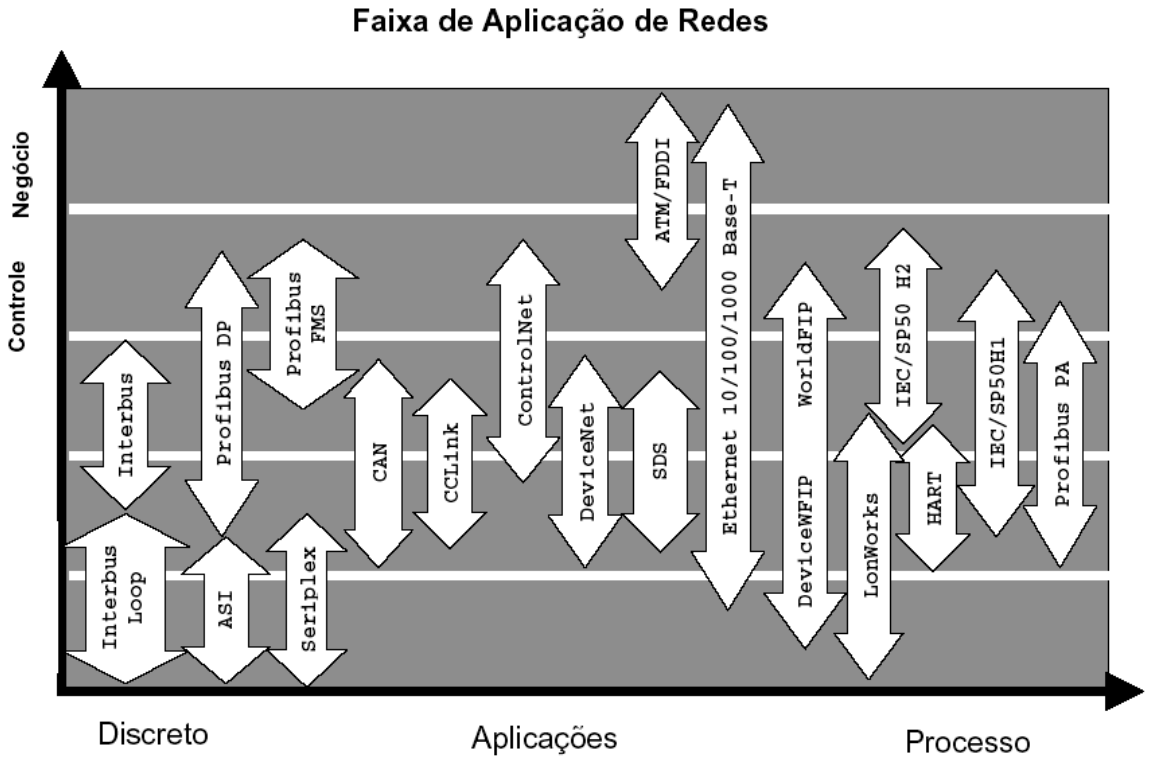

Figura 2.3 Faixa de atuação das redes de campo

2.1 HART

O protocolo Hart (Highway Addressable Remote Transducer) foi introduzido pela Fisher Rosemount em 1980. Em 1990 o protocolo foi aberto à comunidade e um grupo de usuários foi fundado.

A grande vantagem oferecida por este protocolo é possibilitar o uso de instrumentos inteligentes em cima dos cabos 4-20 mA tradicionais. Como a velocidade é baixa, os cabos normalmente usados em instrumentação podem ser mantidos.

Os dispositivos capazes de executar esta comunicação híbrida são denominados smart. O sinal Hart é modulado em FSK (Frequency Shift Key) e é sobreposto ao sinal analógico de 4..20 mA. Para transmitir 1 é utilizado um sinal de 1 mA pico a pico na freqüência de 1200 Hz e para transmitir 0 a freqüência de 2400 Hz é utilizada, conforme a Figura 2.4.

A comunicação é bidirecional. Este protocolo permite que, além do valor da PV (variável de processo), outros valores significativos sejam transmitidos como parâmetros para o instrumento, dados de configuração do dispositivo, dados de calibração e diagnóstico.

O sinal FSK é contínuo em fase, não impondo nenhuma interferência sobre o sinal analógico.

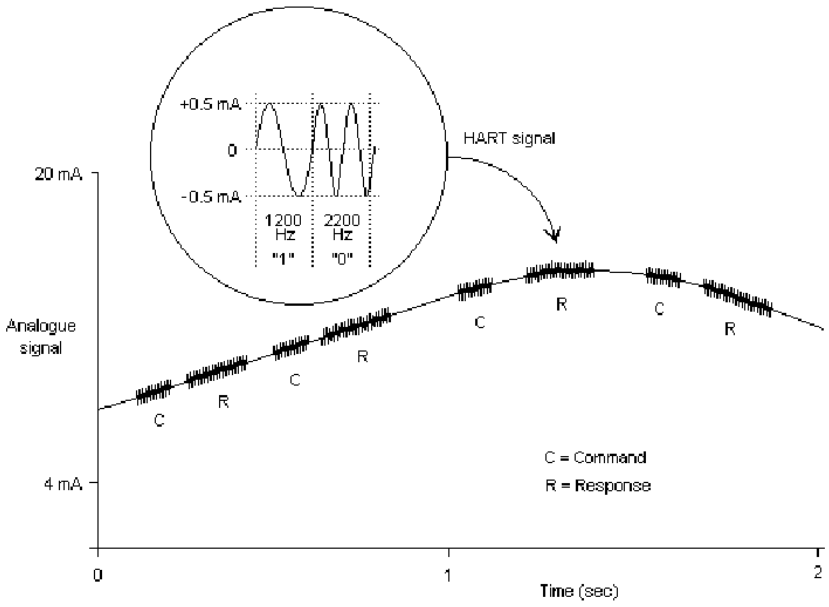

Figura 2.4 Sinal Hart sobreposto ao sinal 4..20 mA

A topologia pode ser ponto a ponto ou multiponto. O protocolo permite o uso de até dois mestres. O mestre primário é um computador ou CLP ou multiplexador. O mestre secundário é geralmente representado por terminais hand-held de configuração e calibração, conforme a Figura 2.5.

Figura 2.5. Terminais hand-held de configuração e calibração

Deve haver uma resistência de, no mínimo, 230 ohms entre a fonte de alimentação e o instrumento para a rede funcionar. O terminal hand-held deve ser inserido sempre entre o resistor e o dispositivo de campo, conforme mostrado na Figura 2.6.

O resistor em série em geral já é parte integral de cartões de entrada de controladores single loop e cartões de entrada de remotas e, portanto, não necessita ser adicionado.

Outros dispositivos de medição são inseridos em série no loop de corrente, o que causa uma queda de tensão em cada dispositivo. Para a ligação de dispositivos de saída a uma saída analógica, não é necessário um resistor de shunt.

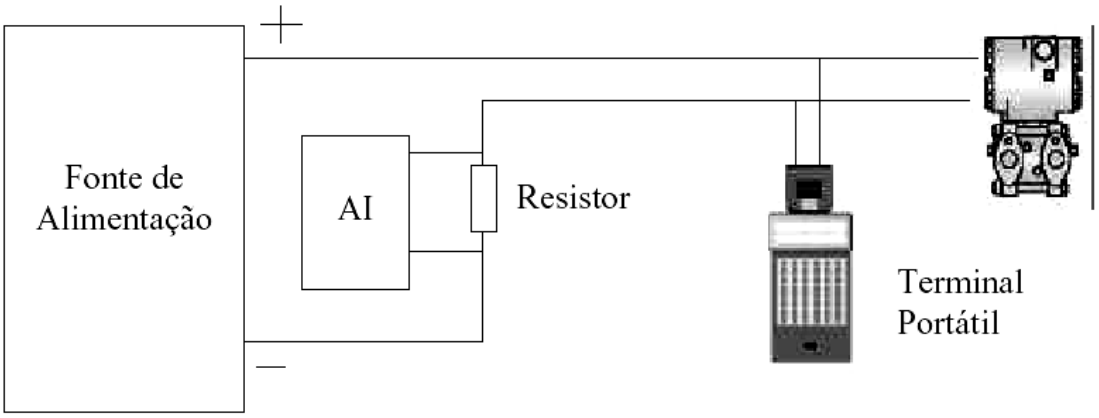

Figura 2.6 Exemplo de ligação da rede

O protocolo HART pode utilizar diversos modos de comunicação. O modo básico é o mecanismo mestre-escravo. Cada ciclo de pedido e recebimento de valor dura cerca de 500 ms, o que implica na leitura de dois valores por segundo.

Na topologia ponto a ponto um segundo mecanismo de transferência de dados é possível. O instrumento pode enviar de forma autônoma e periódica o valor de uma variável, por exemplo a PV.

No intervalo entre estes envios o mestre pode executar um ciclo de pergunta e resposta. A taxa de transmissão neste caso se eleva para 3 ou 4 por segundo. Este modo é denominado burst ou broadcast mode. O mestre pode enviar uma mensagem para interromper este envio contínuo de mensagens de reply, segundo sua conveniência. Cada mensagem pode comunicar o valor de até quatro variáveis. Cada dispositivo HART pode ter até 256 variáveis.

Quando é utilizada a topologia do tipo multiponto, a rede HART suporta até 15 instrumentos de campo. Apenas o modo mestre escravo pode ser utilizado. Neste caso o valor da corrente é mantido no seu nível mínimo de 4 mA e o valor da PV deve ser lido através de uma mensagem explícita.

A grande deficiência da topologia multiponto é que o tempo de ciclo para leitura de cada dispositivo é de cerca de meio segundo podendo alcançar um segundo. Neste caso para 15 dispositivos o tempo será de 7,5 a 15 segundos, o que é muito lento para grande parte das aplicações.

2.2 PROFIBUS (Process Field Bus)

O PROFIBUS é um padrão aberto de rede de comunicação industrial, utilizado em um amplo espectro de aplicações em automação da manufatura, de processos e predial. Sua independência de fabricantes e sua padronização são garantidas pelas normas EN50170 e EN50254. Com o PROFIBUS, dispositivos de diferentes fabricantes podem comunicar-se sem a necessidade de qualquer adaptação na interface.

O PROFIBUS pode ser usado tanto em aplicações com transmissão de dados em alta velocidade como em tarefas complexas e extensas de comunicação. Ele oferece diferentes protocolos de comunicação (Communication Profile):

- DP
- FMS

De acordo com a aplicação, pode-se utilizar como meio de transmissão (Physical Profile) qualquer um dos seguintes padrões:

- RS-485 para uso universal, em especial em sistemas de automação da manufatura;
- IEC 61158-2 para aplicações em sistemas de automação em controle de processo;
- Fibra Ótica para aplicações em sistemas que demandam grande imunidade a interferências e grandes distâncias.

- O Perfil da Aplicação (Application Profile)

Define as opções do protocolo e da tecnologia de transmissão requerida nas respectivas áreas de aplicação e para os vários tipos de dispositivos. Estes perfis também definem o comportamento do dispositivo.

- Perfil de Comunicação (Communication Profile)

O perfil de comunicação PROFIBUS define como os dados serão transmitidos serialmente através do meio de comunicação. PROFIBUS-DP - Periferia Descentralizada (Decentralized Periphery): O DP é o perfil mais freqüentemente utilizado. Otimizado para alta velocidade e conexão de baixo custo, foi projetado especialmente para a comunicação entre sistemas de controle de automação (controladores centrais, por exemplo: CLP's/PC's) e seus dispositivos de campo distribuídos (I/O's, acionamentos drivers), via um link serial.

A maior parte desta comunicação de dados com os dispositivos distribuídos é feita de uma maneira cíclica. As funções necessárias para estas comunicações são especificadas pelas funções básicas do PROFIBUS DP, conforme EN 50 170.

O controlador central (mestre) lê ciclicamente a informação de entrada dos escravos e escreve também ciclicamente a informação de saída nos escravos. O tempo de ciclo do barramento é

geralmente mais curto que o tempo de ciclo do programa do CLP, que em muitas aplicações é em torno de 10 ms.

Além da transmissão cíclica de dados de usuário, PROFIBUS-DP proporciona funções de diagnóstico e configuração. A comunicação de dados é controlada por funções de monitoração tanto no mestre, como no escravo. O PROFIBUS-DP requer aproximadamente 1 ms a 12 Mbit/s para a transmissão de 512 bits de dados de entrada e 512 bits de dados de saída distribuídos em 32 estações.

- Perfil físico (Physical Profile)

A aplicação de um sistema de comunicação industrial é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Assim sendo, os requisitos de uso genérico, tais como alta confiabilidade de transmissão, grandes distâncias a serem cobertas e altas velocidades de transmissão, soma-se às exigências específicas da área automação de processos, tais como: operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, etc.

Partindo-se do princípio de que não é possível atender a todos estes requisitos com um único meio de transmissão, existem atualmente três tipos físicos de comunicação disponíveis no PROFIBUS:

- Meio de transmissão RS-485

O padrão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais freqüentemente encontrada no PROFIBUS. Sua aplicação inclui todas as áreas nas quais uma alta taxa de transmissão aliada a uma instalação simples e barata são necessárias. Um par trançado de cobre blindado (shield) com um único par condutor é o suficiente neste caso.

A tecnologia de transmissão RS 485 é muito fácil de manusear. O uso de par trançado não requer nenhum conhecimento ou habilidade especial. A topologia por sua vez permite a adição e remoção de estações, bem como uma colocação em funcionamento do tipo passo-a-passo, sem afetar outras estações.

Expansões futuras, portanto, podem ser implementadas sem afetar as estações já em operação. As taxas de transmissão estão entre 9.6 kbit/sec e 12 Mbit/sec, conforme a Tabela 2.1, porém uma única taxa de transmissão é selecionada para todos dispositivos no barramento, quando o sistema é inicializado.

Tabela 2.1. Distâncias baseadas em velocidade de transmissão

Baud rate (kbits/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Distância (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

- Meio de transmissão IEC-61158-2

Transmissão síncrona em conformidade à norma IEC 61158-2, com uma taxa de transmissão definida em 31,25 kbits/s, veio atender aos requisitos das indústrias químicas e petroquímicas. Permite, além de segurança intrínseca, que os dispositivos de campo sejam energizados pelo próprio barramento.

Assim, o PROFIBUS pode ser utilizado em áreas classificadas. As opções e limites do PROFIBUS com tecnologia de transmissão IEC61158-2, conforme a Tabela 2.2, para uso em áreas potencialmente explosivas, são definidas pelo modelo FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept).

O modelo FISCO foi desenvolvido pelo instituto alemão PTB - Physikalisch Technische Bundesanstalt (Instituto Tecnológico de Física) e é hoje internacionalmente reconhecida como o modelo básico para barramentos em áreas classificadas.

A transmissão é baseada nos seguintes princípios, e é freqüentemente referida como H1 - cada segmento possui somente uma fonte de energia, a fonte de alimentação.

- Alimentação não é fornecida ao barramento enquanto uma estação está enviando;
- Os dispositivos de campo consomem uma corrente básica constante quando em estado de repouso;
- Os dispositivos de campo agem como consumidores passivos de corrente (sink);
- Uma terminação passiva de linha é necessária, em ambos fins da linha principal do barramento;
- Topologia linear, árvore e estrela são permitidas.

No caso da modulação, supõe-se que uma corrente básica de pelo menos 10 mA seja consumida por cada dispositivo no barramento. Através da energização do barramento, esta corrente alimenta os dispositivos de campo. Os sinais de comunicação são então gerados pelo dispositivo que os envia, por modulação de ± 9 mA, sobre a corrente básica.

Tabela 2.2. Características da IEC 61158-2

Transmissão de Dados	Digital, sincronizado a bit, código Manchester
Taxa de Transmissão	31.25 Kbit/s, modo tensão
Segurança de Dados	Pre-amble, error-proof start e end limiter
Cabos	Par trançado blindado
Alimentação Remota	Opcional via linha de dados
Classe Proteção à Explosão	Segurança Intrínseca (Eex ia/ib) e encapsulação (Eex d/m/p/q)
Topologia	Barramento ou árvore, ou combinadas.
Número de Estações	Até 32 estações por segmento, máximo de126
Repetidores	Até 4 repetidores

- Meio de transmissão com fibra óptica

Fibra óptica pode ser utilizada pelo PROFIBUS para aplicações em ambientes com alta interferência eletromagnética ou mesmo com o objetivo de aumentar o comprimento máximo com taxas de transmissão elevadas. Vários tipos de fibra estão disponíveis, com diferentes características, conforme a Tabela 2.3, tais como, distância máxima, preço e aplicação. Os segmentos PROFIBUS que utilizam fibra normalmente são em estrela ou em anel. Alguns fabricantes de componentes para fibra óptica permitem o uso de links redundantes com meios físico alternativo, cuja transferência é automática quando ocorre uma falha.

Tabela 2.3. Propriedades das fibras óptica

Tipo de Fibra	Propriedades
Fibra de vidro “multimode”	Média distância: 2 a 3 km
Fibra de vidro “monomode”	Longa distância: >15 km
Fibra sintética	Longa distância: > 80 km
Fibra PCS/HCS	Curta distância: > 500m

Atualmente, estão sendo feitos desenvolvimentos para uso de componentes comerciais de 10 e 100 Mbit/s como camada física para PROFIBUS.

Links(gateway) e acopladores são disponíveis para acoplamento entre os vários meios de transmissão. Enquanto o termo Acoplador (Couplers) aplica-se à dispositivos que implementam o protocolo somente no que se refere ao meio físico de transmissão, o termo Link se aplica aos dispositivos inteligentes que oferecem maiores opções na operação entre subredes.

- Perfil de Aplicação (Aplication Profile)

O perfil de Aplicação descreve a interação do protocolo de comunicação com o meio de transmissão que está sendo utilizado, além de definir o comportamento do dispositivo durante a comunicação.

O mais importante perfil de aplicação PROFIBUS é, atualmente, o perfil PA, que define os parâmetros e blocos de função para dispositivos de automação de processo, tais como transmissores, válvulas e posicionadores. Existem ainda alguns outros perfis disponíveis, tais como: Acionamentos (Drives), Interface Homem Máquina e Encoders, etc. os quais definem a comunicação e o comportamento destes equipamentos de uma maneira independente do fabricante.

- Automação de processo (PA)

O uso do PROFIBUS em dispositivos e aplicações típicas de automação e controle de processos é definido por perfil PA. Ele é baseado no perfil de comunicação DP.

O perfil PA define os parâmetros dos dispositivos e o comportamento de dispositivos típicos, tais como: transmissores de variáveis, posicionadores, etc. independente do fabricante, facilitando assim, a intercambiabilidade do dispositivo e a total independência do fabricante.

A descrição das funções e o comportamento dos dispositivos estão baseados no internacionalmente reconhecido modelo de Blocos Funcionais (Function Block Model).

As definições e opções do perfil de aplicação PA, tornam o PROFIBUS um conveniente substituto para transmissão analógica com 4 a 20 mA ou HART.

O PROFIBUS também permite medir e controlar em malha fechada processos industriais através de um único par de cabos, além de efetuar manutenção e conexão/desconexão de dispositivos durante a operação, até mesmo em áreas perigosas.

O perfil PROFIBUS-PA foi desenvolvido em cooperação conjunta com os usuários da indústria de processos (NAMUR) e possui os seguintes requisitos especiais para trabalho nestas áreas de aplicação:

- Perfil de aplicação padronizado para automação e controle de processo e intercambiabilidade de dispositivos de campo entre diferentes fabricantes;
- Inserção e remoção de estações (dispositivos), mesmo em áreas intrinsecamente seguras, sem influenciar outras estações;
- Alimentação dos dispositivos tipo transmissores, executada via o próprio barramento, conforme o padrão IEC 61158-2;
- Possibilidade de uso em áreas potencialmente explosivas com proteções do tipo intrínseca ou encapsulada.

O PROFIBUS especifica as características técnica e funcionais de um sistema de comunicação industrial, através do qual dispositivos digitais podem se interconectar, desde o nível de campo até o nível de células. O PROFIBUS é um sistema multi-mestre e permite a operação conjunta de diversos sistemas de automação, engenharia ou visualização, com seus respectivos dispositivos periféricos (por ex. I/O's).

O PROFIBUS diferencia seus dispositivos entre mestres e escravos. Dispositivos mestres determinam a comunicação de dados no barramento. Um mestre pode enviar mensagens, sem uma requisição externa, sempre que possuir o direito de acesso ao barramento (o token).

Os mestres também são chamados de estações ativas no protocolo PROFIBUS. Os dispositivos escravos são dispositivos remotos (de periferia), tais como módulos de I/O, válvulas, acionamentos de velocidade variável e transdutores. Eles não têm direito de acesso ao barramento e só podem enviar mensagens ao mestre ou reconhecer mensagens recebidas quando solicitados.

Os escravos também são chamados estações passivas. Já que para executar estas funções de comunicação somente uma pequena parte do protocolo se faz necessária, sua implementação é particularmente econômica.

O PROFIBUS é baseado em padrões reconhecidos internacionalmente, sendo sua arquitetura de protocolo orientada ao modelo de referência OSI, conforme o padrão internacional ISO 7498. Neste modelo, a camada 1 (nível físico) define as características físicas de transmissão, a camada 2 (data link layer) define o protocolo de acesso ao meio e a camada 7 (application layer) define as funções de aplicação.

Os perfis de comunicação PROFIBUS (Communication Profiles) usam um protocolo uniforme de acesso ao meio. Este protocolo é implementado pela camada 2 do modelo de referência da OSI. Isto inclui também a segurança de dados e a manipulação dos protocolo de transmissão e mensagens.

No PROFIBUS a camada 2 é chamada Fieldbus Data Link (FDL). O Controle de Acesso ao meio (MAC) especifica o procedimento quando uma estação tem a permissão para transmitir dados. O MAC deve assegurar que uma única estação tem direito de transmitir dados em um determinado momento. O protocolo do PROFIBUS foi projetado para atender os dois requisitos básicos do Controle de Acesso ao Meio:

Durante a comunicação entre sistemas complexos de automação (mestres), deve ser assegurado que cada uma destas estações detém tempo suficiente para executar suas tarefas de comunicação dentro de um intervalo definido e preciso de tempo (determinismo no tempo).

Por outro lado, a transmissão cíclica de dados em tempo real deverá ser implementada tão rápida e simples quanto possível para a comunicação entre um controlador programável complexo e seus próprios dispositivos de I/O's (escravos).

Portanto, o protocolo PROFIBUS de acesso ao barramento inclui o procedimento de passagem do Token, que é utilizado pelas estações ativas da rede (mestres) para comunicarem-se uns com os outros, e o procedimento de mestre-escravo que é usado por estações ativas para se comunicarem com as estações passivas (escravos).

2.3 Foundation Fieldbus

A rede Foundation Fieldbus (FF) é uma rede digital cuja padronização levou mais de dez anos para ser concluída. Existem duas redes FF, uma de baixa velocidade concebida para interligação de instrumentos (H1 - 31,25 kbps) e outra de alta velocidade utilizada para integração das demais redes e para a ligação de dispositivos de alta velocidade como CLPs (HSE - 100 Mpbs).

A rede H1 possui velocidade de 31,25 kbps e proporciona grandes vantagens para substituir a instrumentação convencional de 4..20mA:

- Redução do cabeamento, painéis, borneiras, fontes de alimentação,
- Conversores e espaço na sala de controle;

- Alimentação do instrumento pelo mesmo cabo de sinal;
- Opções de segurança intrínseca;
- Grande capacidade de diagnóstico dos instrumentos;
- Suporte para asset management: capacidade de realizar funções de diagnóstico, configuração, calibração via rede permitindo minerar dados de instrumentação em tempo real. Estas funções irão permitir a implementação da manutenção proativa, centrando os recursos onde eles são mais necessários;
- Capacidade de auto sensing (auto reconhecimento) do instrumento permitindo fácil instalação e download de parâmetros;
- Redução dos custos de engenharia, instalação e manutenção;
- Sinal de alta resolução e livre de distorções assegura precisão do sinal recebido aumentando a confiabilidade do sistema de automação.

A rede Foundation Fieldbus H1 tem como principais concorrentes as redes Profibus-PA e o protocolo HART.

Uma das grandes revoluções da rede FF-H1 foi estender a visão da área de processo até o instrumento e não até o último elemento inteligente então existente que era o CLP ou remota do SDCD.

A outra revolução da rede FF-H1 foi permitir a migração das estratégias de controle do controlador, antes representado por uma remota ou CLP para o elemento de campo, representados pelos transmissores de temperatura, pressão, etc. e pelos atuadores em sua maior parte válvulas de controle. Isto irá permitir que dois ou mais instrumentos estabeleçam malhas de controle, que uma vez configuradas remotamente irão operar de forma completamente independente do controlador externo.

Estas estratégias de controle constituem os chamados blocos de controle. Os blocos mais conhecidos são os de Analog Input (AI), Analog Output (AO), Controlador PID (PID), Digital Input (DI) e Digital Output (DO). Outra vantagem da rede FF é a redução de equipamentos necessários para instalar os instrumentos em uma área classificada.

A tecnologia Fieldbus H1 foi baseada no modelo OSI. O sistema H1 é formado de três camadas: a camada física, o stack de comunicação e a camada de usuário. Fazendo a correspondência com o modelo OSI/ISO, a camada física corresponde à camada física do modelo OSI. O stack de comunicação contém a camada de acesso ao meio, a camada de aplicação que é o Fieldbus Message Specification (FMS) e o Fieldbus Access Sublayer (FAS) que mapeia o FMS nas funções da DLL. A camada de usuário do fieldbus é inexistente no modelo OSI.

A camada de aplicação utiliza o conceito de blocos para realizar todas suas funções. Existem três tipos de blocos básicos: blocos de recursos e blocos de transdutores, utilizados para configurar os dispositivos e blocos de função, utilizados para construir a estratégia de controle. Os blocos de

transdutor servem para desacoplar os blocos de função das funções de interface com o sensor de campo. Eles podem executar a uma freqüência superior à dos blocos de função.

Apesar de visíveis eles não podem ser conectados via ferramenta de configuração. Os blocos de recurso descrevem as características físicas do dispositivo. Alguns de seus parâmetros são: ID do fornecedor, versão do dispositivo, características, capacidade de memória, etc.

Os blocos de função determinam o comportamento do sistema. As entradas e saídas dos blocos de função podem ser interligadas para configurar uma estratégia de controle. A execução de cada bloco de função pode ser precisamente escalonada pelo sistema. Os dez principais blocos de função estão na Tabela 2.4:

Tabela 2.4. Blocos de função

Nome do Bloco de entradada	Símbolo
Entrada Analógica	AI
Saída Analógica	AO
Polarização	BG
Seletor de Controle	CS
Entrada Discreta	DI
Saída Discreta	DO
Carga Manual	ML
Proporcional Derivativo	PD
Proporcional Integral Derivativo	PID
Razão	RA

Transmissores simples de temperatura, pressão, etc., possuem um único bloco AI. Uma válvula de controle pode conter um bloco PID além do bloco AO.

Tanto a FF-H1, como a rede Profibus-PA tem sua camada física padronizada pela norma IEC 61158-2. Os sinais H1 são codificados utilizando codificação Manchester Bifase-L. Trata-se de uma comunicação síncrona que envia os sinais de dados combinados com o relógio.

As regras básicas para validação de uma rede FF-H1 são:

- A rede é formada por uma linha tronco com derivações (spurs). A linha tronco deve ser terminada por um terminador passivo;
- O comprimento máximo da linha tronco e da soma de todas as derivações é de 1900m;
- O número de instrumentos na rede pode ser: de 2 a 32 instrumentos numa conexão não intrinsecamente segura com fonte de alimentação separada do sinal de alimentação; de 1 a 12 instrumentos quando a aplicação não requer SI e os instrumentos são alimentados pelo cabo de sinal; de 2 a 6 instrumentos para aplicações de SI quando os instrumentos recebem a sua alimentação diretamente do cabo de comunicação;

- Repetidores podem ser utilizados para regenerar o sinal após excedida a especificação de distância máxima. O número máximo de repetidores é quatro e a distância máxima entre dois instrumentos quaisquer não deve exceder 9500m;
- O cabo fieldbus é polarizado. Inverter a polarização pode causar danos a todos os instrumentos conectados à rede, porém alguns fornecedores garantem instrumentos livres de polarização;
- O comprimento dos spurs devem ser calculados obedecendo aos dados presentes na Tabela 2.5.

Tabela 5. Comprimento dos cabos

Total de dispositivos por rede	Um disp. por spur (m)	Dois disp. por spur (m)	Três disp. por spur (m)	Quatro disp. por spur (m)	Comprim. Máx. total (m)
1-12	120	90	60	30	439
13-14	90	60	30	1	384
15-18	60	30	1	1	329
19-24	30	1	1	1	220
25-32	1	1	1	1	10

Os principais elementos na rede fieldbus são:

- A fonte de alimentação;
- O módulo condicionador de potência;
- O terminador de barramento.

A ligação de dispositivos à rede pode se dar através de conectores 'Ts' ou de caixas de junção.

A fonte de alimentação é um equipamento de segurança não-intrínsica com uma entrada AC universal e uma saída de 24Vdc, isolada, com proteção contra sobrecorrente e curto-circuito, ripple e indicação de falha, apropriada para alimentar os elementos do Fieldbus. Exemplo: Fonte DF52 da Smar.

O módulo condicionador de potência é um equipamento de controle de impedância ativo, não-isolado, de acordo com o padrão IEC 1158-2. Este equipamento apresenta uma impedância de saída que, em paralelo com os dois terminadores de barramento (um resistor de 100ohms em série com um capacitor de 1μF) atendendo ao padrão, resulta em uma impedância de linha puramente resistiva para uma ampla faixa de freqüência. Estes módulos não podem ser utilizados em áreas que exigem especificações de segurança intrínseca.

O terminador de barramento é um elemento passivo formado por um resistor de 100ohms em série com um capacitor de 1μF acondicionado em um invólucro vedado.

2.4 Tecnologia Ethernet

Ethernet é a tecnologia de rede mais utilizada. O método de acesso Ethernet utiliza o CSMA/CD (Acesso Múltiplo Sensível ao Portador com Detecção de Colisão). Neste método, múltiplas estações de trabalho acessam o meio de transmissão (Acesso Múltiplo), ouvindo, até que nenhum sinal seja detectado (Sensor de Portadora). Então, elas transmitem e verificam se mais de um sinal está presente (Detecção de Colisão).

Cada estação tenta transmitir quando ela "acredita" que a rede está livre. Se houver uma colisão, cada estação tenta retransmitir após uma espera de tempo predefinida, que é diferente para cada estação de trabalho.

Detecção de Colisão é uma parte essencial do método de acesso CSMA/CD. Cada estação de trabalho transmissora precisa ser capaz de detectar quais transmissões simultâneas e, portanto perda de dados, está ocorrendo.

Uma estação de trabalho pode dizer que ocorreu uma colisão se ela não receber a sua transmissão de volta após um certo intervalo de tempo (frações de segundo). Se uma colisão é detectada, um sinal de "congestionamento" é propagado para todos os nós. Cada estação que detectar a colisão deverá esperar um certo período de tempo randômico e, em seguida, tentar novamente.

No CSMA/CD, os nós permanecem "escutando" a rede enquanto enviam dados. O emissor, escutando a rede, é capaz de perceber a ocorrência de colisões; quando uma ocorre, ele pára a transmissão, e envia um sinal de 48 bits, notificando as demais estações da ocorrência. Há um período de espera, e o nó tenta novamente.

Evita-se a ocorrência de colisões sucessivas pela técnica binary exponential backoff, onde os tempos de espera são duplicados por cada colisão ocorrida. É interessante perceber que, para detectar as colisões efetivamente, o tamanho dos pacotes deve ser tal que seu tempo de transmissão seja maior que o dobro do atraso de propagação. Do contrário, um nó pode acabar sua transmissão sem que o sinal de colisão seja recebido em tempo. O CSMA/CD é não-determinístico, sendo impossível prever com exatidão seu comportamento.

- Ethernet Industrial

A rede Ethernet passou por uma longa evolução nos últimos anos, constituindo a rede de melhor faixa e desempenho para uma variada gama de aplicações industriais.

A Ethernet foi inicialmente concebida para ser uma rede de barramento (100Base-5) com conectores do tipo vampiro (piercing), mas este sistema mostrou-se de baixa praticidade. A evolução se deu na direção de uma topologia estrela com par trançado. No entanto, a velocidade da rede e o tipo da aplicação podem minimizar ou solucionar este problema.

Vê-se a seguir, como estes problemas podem ser superados com as novas definições para a rede Ethernet:

Aumento da velocidade: a velocidade original da rede Ethernet era de 10 Mbit/s, porém velocidades como 100 Mbit/s hoje, são facilmente encontradas; além disso, a GigaBit Ethernet é uma tecnologia emergente e já definida na especificação 802.3z da IEEE.

Estabelecimento de prioridades para envio de dados: aos equipamentos é possível definir a prioridade das mensagens dentro da rede garantindo assim o recebimento de dados de modo determinístico. Este mecanismo é definido dentro da norma como IEEE 802.1p.

Transmissão e recepção bidirecional: a norma IEEE 802.3x permite a transmissão e recepção simultânea bidirecional através dos cabos que suportem este tipo de comunicação conhecido como Full-Duplex.

Uso de Switches em redundância: na troca de dados entre switches em redundância, a comunicação é realizada em full duplex sem CSMA/CD, isto significa que não serão transferidas nem colisões, nem pacotes defeituosos. Isto faz com que a rede se torne determinística e reduzem a probabilidade de colisão de dados.

2.5 TCP/IP

O modelo TCP/IP é constituído basicamente por duas 2 camadas: a camada de rede e a camada de transporte. Tanto a camada de aplicação quanto a camada de interface de rede não possuem uma norma definida, devendo a camada de aplicação utilizar serviços da camada de transporte, a ser definida adiante, e a camada de interface de rede prover a interface dos diversos tipos de rede com o protocolo.

- Protocolos orientados a conexão

É necessário que se faça uma chamada e conexão antes de cada transmissão. Nesse tipo de transmissão os pacotes não precisam possuir overheads, como ocorre nas transmissões não orientadas à conexão.

Isso é possível, pois logo no início da conexão, a origem e o destino trocam todas as informações necessárias à transmissão. É mais seguro, pois possui mecanismos de reenvio de pacotes mal transmitidos, bem como mensagens de reconhecimento.

- Protocolos não orientados à conexão

A origem e o destino necessitam ter um prévio acerto de como será a comunicação. Esse modo de transmissão associa a cada pacote um endereço global, que identifica a origem e o destino do pacote.

Nesse modo de transmissão, os sucessivos pacotes transferidos podem não ter qualquer relação, pois são considerados independentes uns dos outros. Não dá importância a controles de fluxo nem realiza qualquer reconhecimento ou reenvio de pacotes.

Através desse modo pode-se fazer uma comunicação com qualquer máquina sem precisar realizar uma conexão, sendo assim mais rápido. Em compensação, não se tem a certeza do sucesso da transmissão e o acompanhamento do processo precisa ser mais eficaz.

2.5.1 IP

A principal função do protocolo IP é transportar os datagramas de uma rede a outra na Internet. Ele é um protocolo de transmissão não orientado à conexão, e por ser mais básico, não apresenta muitas características do TCP. Pode-se dizer que o IP:

- Não possui mecanismos de retransmissão;
- Não dá garantia de uma transmissão íntegra ou ordenada;
- Utiliza os "endereços IP" como base para o direcionamento dos datagramas;
- Descarta um datagrama se ele não for entregue ou se passar muito tempo trafegando na Internet.

Embora o protocolo IP não possua essas características, elas não deixam de ser importantes. Por isso, toda essa parte de consistência para a integridade dos dados transmitidos fica por conta do TCP.

O envio de datagramas via IP passa por algumas etapas básicas, onde se pode destacar:

- Encapsulamento;
- Fragmentação dos datagramas;
- Endereços IP;
- Roteamento.

Ao realizar trocas de pacotes, os aplicativos da Internet deparam com um problema: a diferença do tamanho das mensagens nas diversas redes.

Nesse caso, o protocolo IP suporta o processo de fragmentação, onde os datagramas são divididos em unidades menores. O procedimento de fragmentação é realizado por um gateway, onde as mensagens são partidas em unidades menores e adequadamente identificadas.

O equipamento de destino então reagrupará as instruções, baseado nas identificações do gateway. Na identificação dos fragmentos o gateway cria um cabeçalho para cada fragmento.

O cabeçalho contém os endereços iniciais das redes e uma identificação referente à mensagem a qual faz parte. Os endereços IP são divididos em 5 classes: A, B, C, D e E, conforme a Figura 2.7.

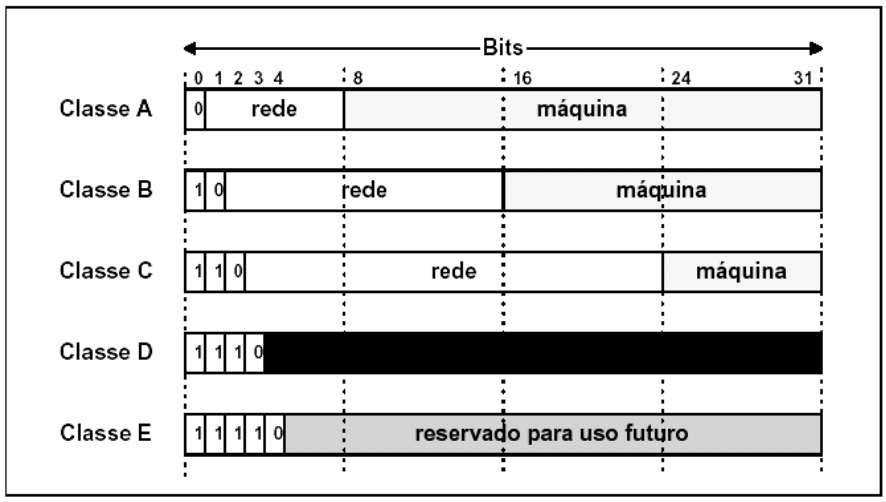

Figura 2.7. Classes de endereços IP

O roteador então verifica o endereço de destino do pacote. Começa então uma viagem por roteadores de várias redes, onde o pacote vai sendo mandado para roteadores mais próximos do endereço final, até que chegue à máquina de destino, conforme pode ser observado na Figura 2.8.

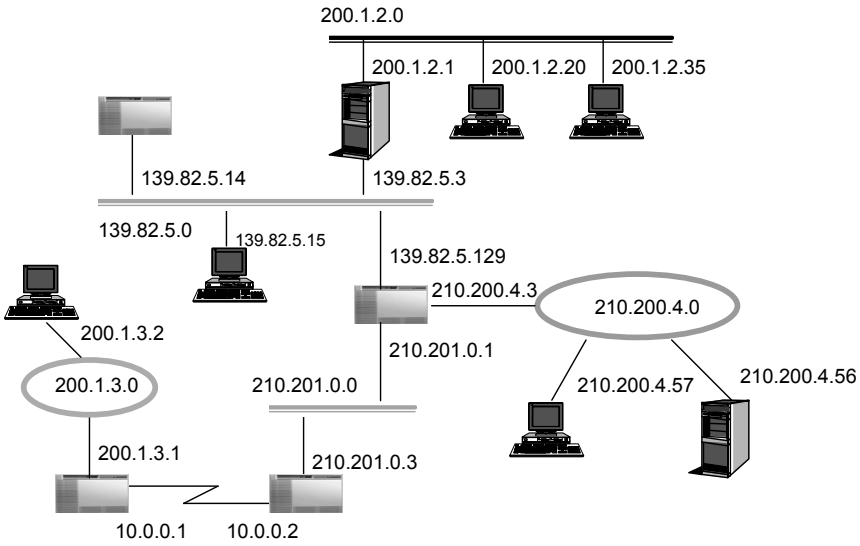

Figura 2.8 Exemplo de roteamento

2.5.2 TCP

Esse protocolo tem como principal objetivo realizar a comunicação entre aplicações de dois equipamentos diferentes. O protocolo TCP é um protocolo de nível de transporte muito utilizado que

trabalha com mensagens de reconhecimento, especificação do formato da informação e mecanismos de segurança. Ele garante que todos os dados serão enviados com sucesso, pois realiza transmissões orientadas à conexão. Quando executado, utiliza o protocolo IP, não orientado à conexão. O TCP então fica responsável pelo controle dos procedimentos da transferência segura de dados.

A confiabilidade nas transmissões via TCP está baseada no fato de que esse protocolo é orientado à conexão e trabalha com números de reconhecimento seqüenciais e positivos.

O TCP do equipamento de origem transfere os dados em forma de octetos, onde a cada octeto vão sendo atribuídos números em seqüência.

O TCP do equipamento de destino analisa então esses números para garantir a ordem e a integridade da mensagem enviada. Se a transferência for perfeita, o TCP do equipamento destino envia uma mensagem de reconhecimento à origem. Caso contrário, é enviada uma seqüência numérica para o TCP do equipamento de origem que informará o tipo do problema, bem como ordenará uma nova transmissão. Os números em seqüência podem ser utilizados ainda para eliminar octetos duplos, que por causa da transmissão não orientada à conexão, podem ocorrer.

O TCP da origem possui um timer para garantir que não se perca muito tempo entre uma mensagem errada e sua correção. Então, quando o TCP origem recebe uma mensagem de erro, ocorre um time-out e o reenvio da mensagem.

O TCP usa número de portas para identificar o último destino em uma máquina. A cada porta é associado um número inteiro pequeno para identificá-lo. O TCP foi construído sobre a abstração de CONEXÃO, na qual os objetos a serem identificados são conexões de circuitos virtuais e não portas individuais.

As conexões são identificadas por um par de "endpoints". Uma conexão consiste de um circuito virtual entre dois programas de aplicação. O TCP define um endpoint como um par de inteiros (host, port), onde host é o endereço IP para um equipamento e port é uma porta TCP nesse computador. Exemplo: 128.10.2.3.25 especifica a porta TCP número 25 na máquina como o endereço IP 128.10.2.3.

Uma conexão está definida por dois endpoints, de modo que se há uma conexão entre as máquinas 192.107.104.12 (na Universidade Nacional de Ingenieria, Nicarágua) e 143.54.2.99 (na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil), a conexão deve ser definida pelos endpoints seguintes: (192.107.104.12,25) e (143.54.2.99,25).

Já que TCP identifica uma conexão por um par de endpoints, um número de porta pode ser compartilhado por múltiplas conexões na mesma máquina. Uma porta pode ser vista como um canal de comunicações para uma máquina.

Pacotes de informações chegando a uma máquina não são apenas endereçadas àquela máquina, e sim à máquina em uma determinada porta.

CAPÍTULO III

3 Sistemas supervisórios

3.1 Definições

Atualmente os sistemas de supervisão são considerados interfaces homem-máquina (interface entre o operador e o sistema) que fornecem informações qualificadas ao operador. As informações de alarme e de monitoramento dos processos que antes eram vistas em grandes painéis, hoje são mostradas de forma mais sofisticada na tela de um computador. A Figura 3.1 ilustra esta situação.

A planta que está conectada ao computador é monitorada por um software de supervisão capaz de fornecer informações relevantes sobre o sistema de controle e de sensoriamento do processo. Na figura está apresentada a parte física e a parte de supervisão. Nota-se que o controle da planta é realizado por um CLP (unidade inteligente), que está conectado aos circuitos sensores e atuadores. O CLP também possui um cabo de comunicação com o supervisório (em destaque na Figura 3.1). Na tela do computador são apresentadas as animações gráficas do processo em questão, que se trata de um processo de extrusão.

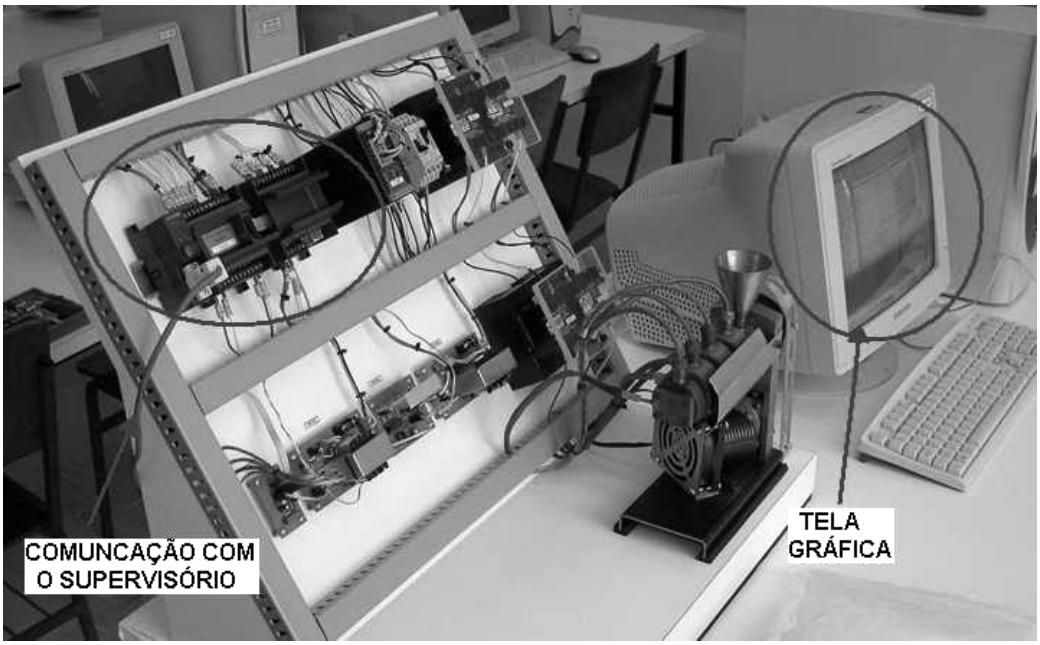

Figura 3.1- Exemplo de Supervisão de Sistema

Um sistema de supervisão pode ser caracterizado por duas funções básicas: a supervisão e a operação.

A supervisão é o monitoramento do sistema, na supervisão as informações obtidas da planta são disponibilizadas na tela do computador. Tais informações refletem os valores de variáveis analógicas e digitais e os eventos de acionamento que possam ocorrer. Para esta função de supervisão são utilizadas ferramentas gráficas que mostram de forma visual os acontecimentos no processo.

A operação é uma função da supervisão que substitui os painéis de acionamento e as mesas de controle. A função de operação do supervisório é quem permite, por meio de telas gráficas, que o operador atue no sistema ligando e desligando equipamentos e alterando parâmetros nas malhas de controle. Permite também atuar na malhas de controle alterando valores de set-point e de parâmetros do controlador.

Em um sistema de supervisão, para que seja possível monitorar e operar o processo, uma das tarefas essenciais é o conhecimento do valor das variáveis envolvidas: variável a ser controlada, variável manipulada, parâmetros do controle, variáveis de status do processo (valores limites), entre outros que se façam necessário.

Neste contexto os sensores, atuadores e controladores devem estar sendo monitorados pelo software de supervisão, portanto devem estar conectados para que este gerenciamento de informação possa ser executado.

3.2 Elementos de um sistema de supervisão

A seguir são descritos alguns dos elementos de um sistema de supervisão, dentre estes elementos estão: as variáveis envolvidas, a programação em um sistema de supervisão, a comunicação com outros aplicativos, a comunicação com equipamentos de campo.

Variáveis: as variáveis envolvidas em um sistema de supervisão podem ser basicamente divididas em analógica e discreta. Quando se está programando estas variáveis, para ambos os tipos, alguns atributos devem ser definidos, entre os quais estão:

- O TAG da variável, que é o nome pelo qual a variável é identificada;
- A descrição da variável, para que função se destina a variável: acionamento de um motor, informação a respeito da temperatura de alguma parte do processo;
- O endereço da variável na unidade inteligente. Como a variável reflete a medição de algum equipamento de campo (sensor, atuador, controle) se deve saber qual é o endereço desta variável na unidade inteligente que faz a aquisição dos dados e o controle do processo.

Quando se trata de uma variável discreta, os valores que podem ser assumidos são apenas os níveis lógico 0 (zero) ou 1 (um), e neste caso outros atributos podem ser importantes, por exemplo como a descrição do estado da variável (0 ou 1, aberto ou fechado, ligado ou desligado, etc).

Quando se trata de uma variável analógica pode ser assumido qualquer valor dentro de uma faixa de operação, esta informação em geral é digitalizada por um converso analógico-digital na unidade inteligente.

Atributos que podem ser significativos para este tipo de elemento do supervisórios são: a unidade da variável (metros, l/h, m3/h, ºC, psi, bar, mmH_2O, "Hg, etc), e os limites de operação (faixa superior e inferior da variável).

- Programação:

Os sistemas de supervisão possuem funções que permitem o desenvolvimento de programas, também no software de supervisão. Permite a criação de programas que são associadas à ocorrência de algum tipo de evento, por exemplo, o acionamento de uma tecla especial, a variação de um dado no processo, o atendimento a uma condição especial, entre outros.

Alguns sistemas de supervisão possuem bibliotecas de blocos de funções que permitem desenvolver procedimentos de controle de forma gráfica, estes blocos podem representar funções lógicas, matemáticas e até funções mais específicas para controle como funções de controle PID.

- Relatórios:

Os sistemas de supervisão possuem a capacidade de executar a geração de relatórios. Criam relatórios em diferentes formatos registrando os dados referentes ao processo.

Estes relatórios são baseados no histórico dos valores das variáveis que estão sendo monitoradas e podem ser arquivados ou impressos. Demonstram em quanto foi a produção da planta e quanto consumiu para tal produção, também fazem o monitoramento da planta relatando quando o equipamento parou por quanto tempo ficou parado, etc. Deve ser definido quais são as variáveis presentes no relatório.

- Comunicação com Aplicativos:

O sistema de supervisão deve ser capaz de compartilhar dados com outros aplicativos. Por exemplo, por meio do protocolo DDE (dynamic data exchange) o sistema de supervisão pode fazer o uso de variáveis que permitam a troca de informação com outros programas. Em geral os supervisórios possuem conectividade com banco de dados, para esta troca de informação faz-se o uso de padrões como o ODBC (open database connectivity) que permite a escolha da base de dados que se deseja trocar informações, por exemplo, como planilhas ou banco de dados fazendo o uso de outros aplicativos.

- Comunicação com Equipamentos:

Cada software de supervisão oferece diversos drivers de comunicação para os variados tipos de unidades inteligentes (CLP´s, placas controladoras). Estes drivers têm uma configuração específica que deve ser implementada para que a comunicação entre software de supervisão e

unidades inteligentes funcione e permita que o processo seja monitorado e controlado corretamente. Dentre as implementações que devem ser realizadas estão também o correto endereçamento das variáveis envolvidas: variáveis de campo discretas e analógicas, variáveis internas de controle, etc.

A comunicação entre o software de supervisão e os equipamentos de campo pode ocorrer também por meio da tecnologia OPC, que se trata de uma comunicação padrão entre os equipamentos e o software. Deste modo permita-se a comunicação entre o software e as unidades inteligentes (transmissores, etc) por meio de: drivers de servidor OPC (para as unidades inteligentes) e de drivers de cliente OPC (para o software).

3.3 Exemplos de sinóticos

Os sinóticos desenvolvidos nos sistemas de supervisão são a substituição aos painéis sinóticos tradicionais, na tela do computador, fazendo o uso de animações gráficas, a planta é representada dinamicamente. Cada sinótico representa uma área de processos e quando o processo é muito complexo pode se fazer o uso de sub-sinóticos, ou sinóticos de hierarquia inferior para representar a planta como um todo. A Figura 3.2 mostra um exemplo de sinótico, onde é mostrado todo o processo de uma planta.

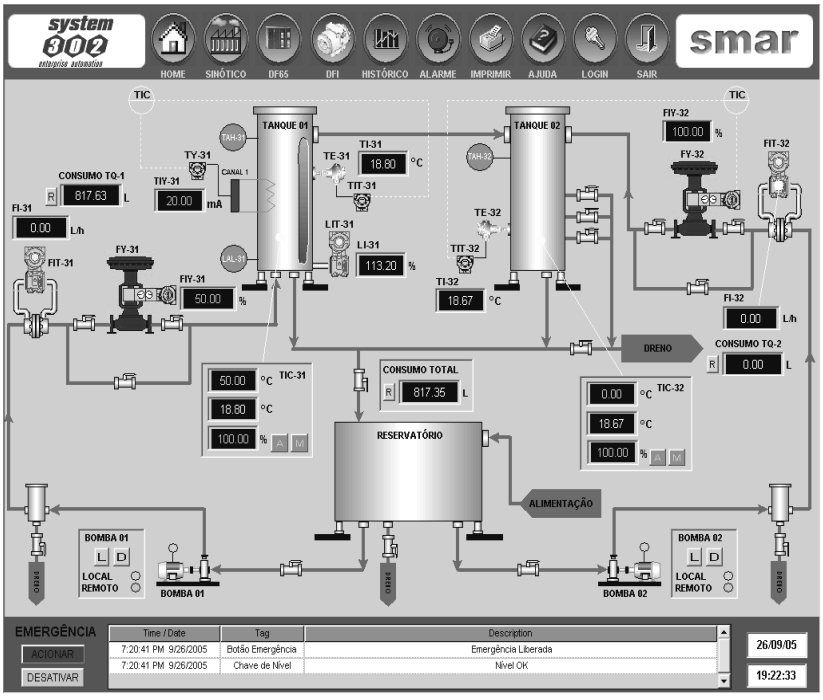

Figura 3.2 - Sinótico de Planta (Adaptada de SMAR)

No sinótico apresentado na Figura 3.2 podem ser observados os objetos gráficos referentes à parte física da planta e os objetos textuais referentes à parte de controle. Para representar a parte

física da planta fazem parte do sinótico os objetos gráficos que representam os tanques, o reservatório, as válvulas, as bombas, os transmissores, a conexão hidráulica.

Para representar a parte de controle observam-se caixas de texto onde estão os valores das variáveis e os parâmetros de controle. Por meio do sinótico desta planta é possível observar dinamicamente os eventos do processo e ainda trocar parâmetros dos controles, conseguindo o operador desta forma fazer o monitoramento e a operação do processo.

As Figuras 3.3 e 3.4 mostram o sinótico de uma planta didática miniaturizada montada sobre uma base, esta planta executa um processo de extrusão.

Na Figura 3.3 observa-se a planta fisicamente. No painel encontra-se a parte elétrica e a parte de controle representada pelo CLP. Na base encontra-se a extrusora miniaturizada que é a parte física da planta mostrada no sinótico da Figura 3.4.

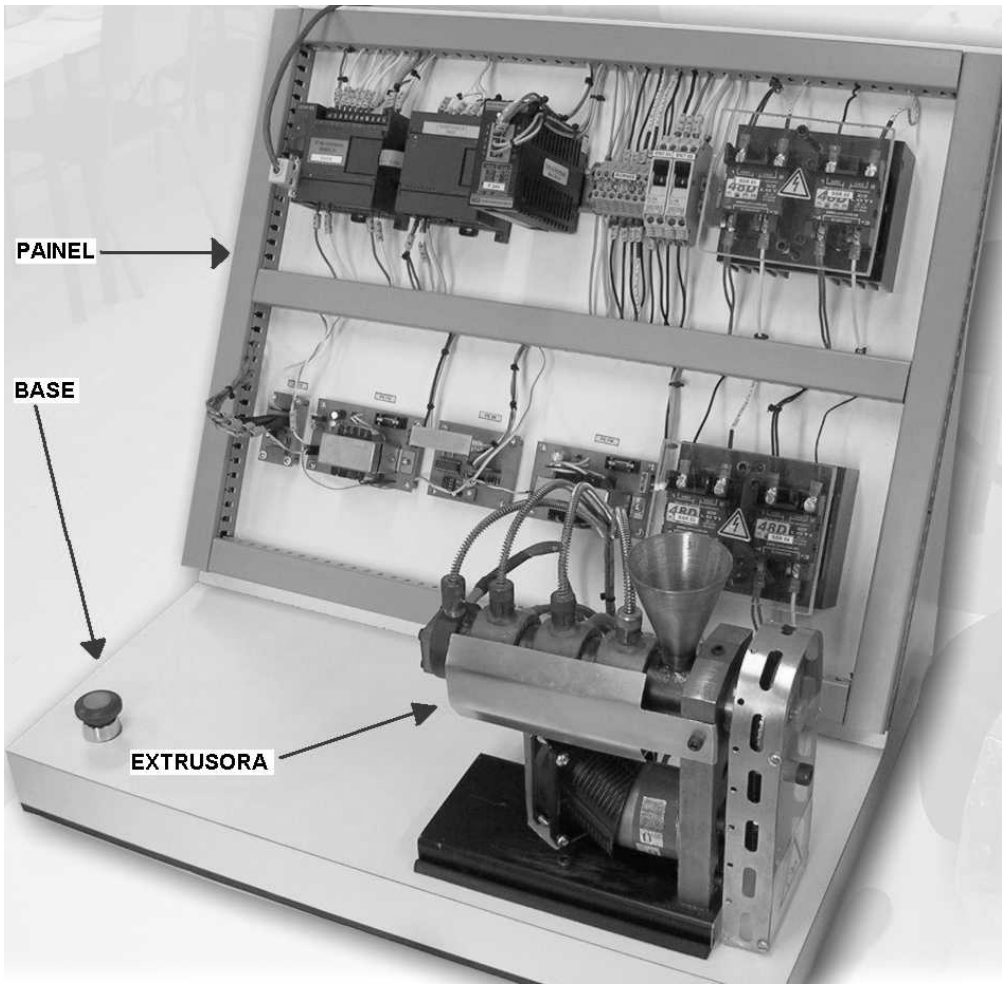

Figura 3.3 - Extrusora a ser Supervisionada

A Figura 3.4 mostra o sinótico da planta que faz o processo de extrusão. Pode ser observado no lado direito da tela o objeto de animação gráfica que representa a própria extrusora. Como um dos objetivos da supervisão é informar a respeito do processo, nota-se o rigor com o efeito visual da

animação, onde todos os componentes são representados em detalhes, até mesmo com as respectivas simbologias.

Outros componentes que devem ser observados na tela são os gráficos ou telas de tendência que mostram os valores das variáveis de processo e também de valores referentes ao controle da planta. Podem ser observados ainda botões de acionamento no canto esquerdo e na parte inferior da tela, que mostram a interação que o operador tem com o processo e que compete ao sistema de supervisão proporcionar. Ainda pode ser observada uma janela na parte inferior da tela, trata-se de uma tela de alarmes, que mostra a existência de alguma situação de alerta que ocorreu no processo, por exemplo, como uma variação indesejada de uma variável de processo.

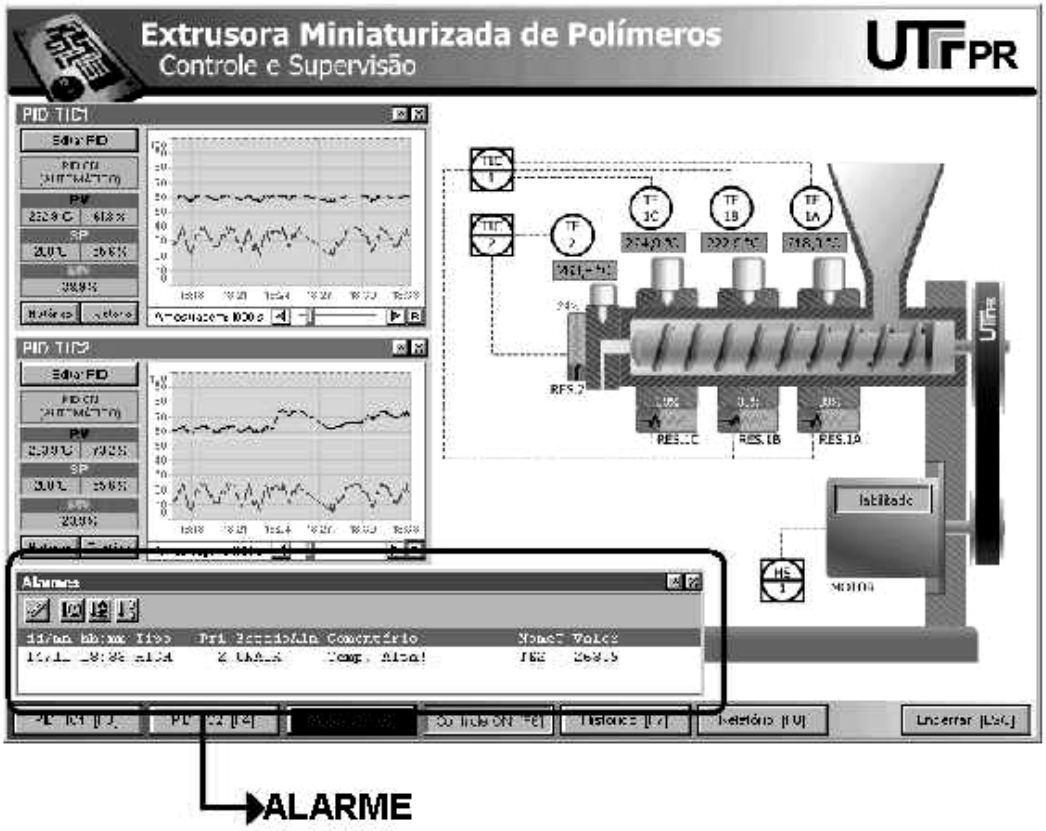

Figura 3.4 - Sinótico da Extrusora

3.4 Tipos de telas

Uma classificação importante a respeito das informações apresentadas pelo sistema de supervisão se refere aos tipos de telas. Dentre elas podem ser destacadas as telas de visão geral, telas de malhas individuais, telas de registro e telas de alarme.

Telas de Visão Geral: são telas onde pode ser observado um número elevado de malhas de controle, em alguns sistemas o número de malhas de controle representadas na tela pode chegar a ordem de centenas. Para cada representação de malha de controle presente na tela existe um mínimo de informação a respeito do controle. Este tipo de tela apresenta a possibilidade de navegação para que se consiga operar em sub-níveis, em cada um destes sub-níveis aparece um grupo de equipamentos executando o controle de um determinado processo, semelhante a um painel.

Telas de Malhas Individuais: esta tela mostra todos os aspectos a respeito de determinada malha de controle, é também chamada de tela de sintonia e é nesta tela que se isola a malha de controle para executar a sintonia de um controle PID, por exemplo. Para auxiliar esta sintonia ainda pode ocorrer o auxílio de uma tela de registro onde as variáveis de interesse têm seus valores apresentados de forma gráfica.

Telas de Registro: executa o registro de uma determinada variável, seja variável de processo ou variável interna do controle. Existem dois tipos de telas de registro: registro em tempo real e registro histórico. As telas de registro em tempo real têm uma abrangência de tempo de segundos ou algumas horas fazendo a aquisição dos valores e um curto espaço de tempo. Enquanto que as telas de registro histórico têm uma abrangência de tempo maior que pode chegar a uma semana e aquisição dos valores é feita em intervalos maiores de tempo.

A Figura 3.5 mostra um exemplo de tela de registro. São registradas ao mesmo tempo 4 variáveis no gráfico de tendência, algumas são variáveis internas do controle, e outras são as próprias variáveis de processo. A análise destes valores permite ao operador visualizar o histórico das variáveis, conferindo a oportunidade de conhecer melhor o comportamento do processo. Também é possível armazenar as informações apresentadas em gráficos deste tipo em forma de um arquivo de histórico do processo, podendo assim gerar relatórios por meio de arquivos salvos em disco ou por meio de impressões.

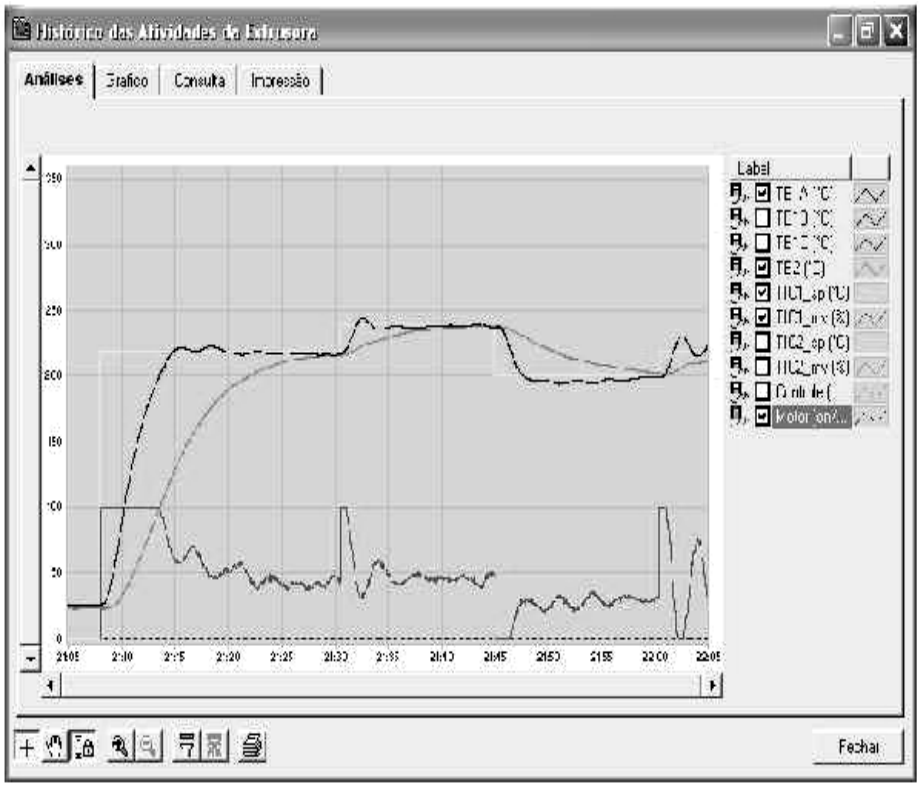

Figura 3.5 - Gráfico das Variáveis da Planta

Telas de Alarmes: neste tipo de tela aprecem, geralmente em forma de listas, linhas com as informações de data e hora da ocorrência do alarme ou data e hora do momento em que findou a condição de alarme, ainda aparecem nestas listas quais são as variáveis que foram alarmadas.

Também é possível definir níveis de prioridade entre as condições de alarme, para que determinada condição se destaque visualmente na lista das demais, e deste modo, mesmo que uma determinada condição seja a causadora de uma seqüência de outros alarmes, o operador consegue identificar qual foi a condição alarmada que ocasionou as outras, e classificar o problema mais facilmente. Outros efeitos visuais podem ser utilizados para mostrar ao operador que existe uma ocorrência de alarme até que ele a identifique.

O sinótico da Figura 3.4 mostrou uma lista de alarmes com apenas uma ocorrência.

BIBLIOGRAFIA

Bega, E. A., Delmée, G. J., Cohn, P. E., Bulgarelli, R., Koch, R., Finkel, V. S. Instrumentação Industrial. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2003.

Foundation Fieldbus – Technical Overview; www.fieldbus.org (Acesso em 20/11/2006)

HART – http://www.hartcomm.org/ (Acesso em 20/11/2006)

HART – http://www.thehartbook.com/technical.htm (Acesso em 14/11/2006)

Lopez, R. A. Sistemas de Redes para Controle e Automação. Book Express. Rio de Janeiro, 2000.

OPC - www.opcfoundation.org (Acesso em 05/12/2006)

PROFIBUS – www.profibus.com (Acesso em 20/11/2006)

Rosário, João Maurício. Princípios de Mecatrônica. Prentice Hall. São Paulo. 2005.

Tanenbaum, Andrew S. Redes de Computadores. Campus. Rio de Janeiro, 1997.